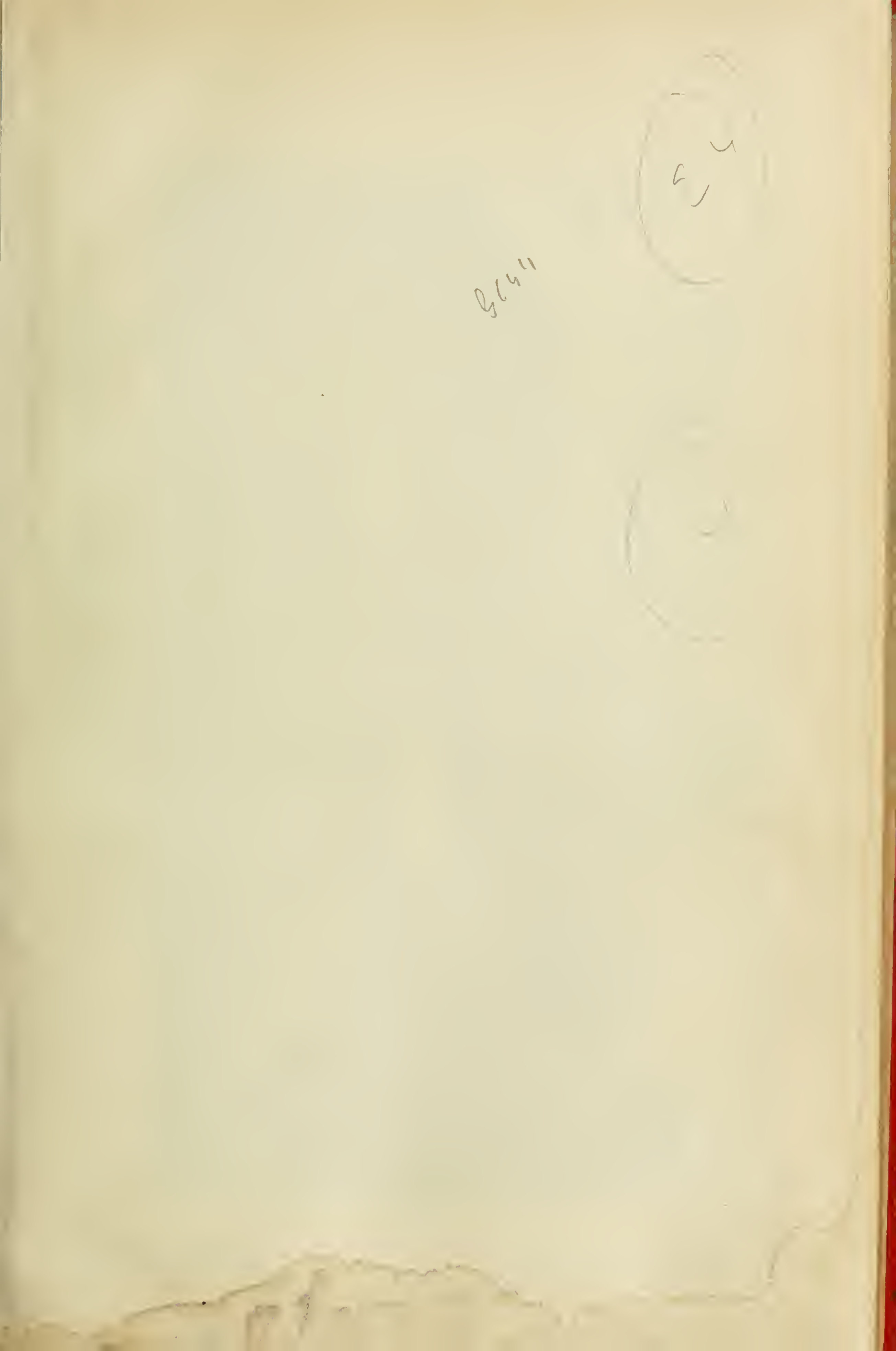

3 1761 07394942 2





Schichtfaltung an einem Zweige des Bambadhura-Gletschers.

Lissarthal, Dharmathal, Kumaun.

S = Silur. **C** = Carbon, **P** = Permisch, **T** = Trias, in der Mitte des Bildes eingefaltet in die dunklen permischen Lagen.

Höchste sichtbare Spitze beiläufig 21,000 englische Fuss.

Nach einem von C. L. Griesbach mitgetheilten Lichtbilde mit Bewilligung des Vorstandes der Geolog. Survey of India veröffentlicht.

DAS ANTLITZ DER ERDE.

VON

EDUARD SUESS.

MIT 48 TEXT-ABBILDUNGEN, 2 VOLLBILDERN UND 4 KARTEN IN FARBENDRUCK.

ERSTER BAND.

ZWEITE UNVERÄNDERTE AUFLAGE.

(ZWEITES BIS DRITTES TAUSEND.)

PRAG. F. TEMPSKY.

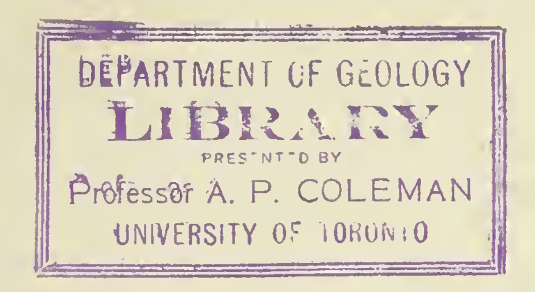
WIEN. F. TEMPSKY

BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LEIPZIG. G. FREYTAG.

1892.


LIBRARY
APR 22 1968
UNIVERSITY OF TORONTO



INHALT DES ERSTEN BANDES.

Zweiter Theil. Die Gebirge der Erde.

EINLEITUNG.

Keilförmige Umrisse der Festländer. — Grosse Tiefe der Oceane. — Verschiedenheit des pacifischen und des atlantischen Gebietes. — Einbrüche. — Was ist eine geologische Formation? — Cyclen der Entwicklung. — Allgemeine Anwendbarkeit der stratigraphischen Terminologie Europas. — Grösse der Transgressionen. — Selbständigkeit alter Strandlinien vom Gebirgsbaue. — Inhalt der folgenden Theile.

Könnte ein Beobachter, aus dem Himmelsraume unserem Planeten sich nähernd, die röthlichbraunen Wolkenzonen unserer Atmosphäre bei Seite schieben und die Oberfläche des Erdballes überblicken, wie sie, unter seinen Augen rotirend, sich im Laufe eines Tages ihm darbietet, so würde vor allen anderen Zügen der südwärts keilförmig sich verengende Umriss der Festländer ihn fesseln.

Dieses ist das auffallendste Merkmal unserer Erdkarte und ist wohl auch als solches bezeichnet worden, seitdem man diese Karte kennt. Diese keilförmige Gestalt wiederholt sich in den verschiedensten Breiten. Cap Horn, das Cap der guten Hoffnung, Cap Comorin in Ostindien, Cap Farewell in Grönland sind allbekannte Beispiele.

Es ist der Versuch gemacht worden, diese Umrisse durch eine heute angeblich vorhandene grössere Anhäufung von Wasser gegen den Südpol zu erklären. Diese Vorgebirge tauchen aber nicht allmälig unter das Meer, sondern sie sind felsig und ihre Abhänge fallen in den meisten Fällen schroff in grosse Tiefen hinab. Eine gleiche Anhäufung des Wassers gegen den Nordpol würde ähnliche keilförmige Umrisse nicht erzeugen.

Diese Umrisse sind daher in der Structur der äusseren Theile des Planeten selbst bedingt. —

Hierüber würde demselben Beobachter nicht der geringste Zweifel bleiben, wenn er, so wie er die Wolkenzonen der Atmosphäre bei Seite schob, nun auch die Meere zu entfernen und das Felsgerüste des Erdballes in seiner Nacktheit zu überblicken im Stande wäre. Die ausserordentliche Tiefe der Meeresbecken in ihrem Gegensatze zu der geringen Höhe der Festländer und der steile Abfall eines grossen Theiles der Küsten würden ihm dann vor die Augen treten.

Schon Alexander von Humboldt verglich die Continente treffend mit ‚Plateaux‘, welche aus den grossen Tiefen aufragen.

Carpenter schätzt die mittlere Höhe der Festländer rund im höchsten Falle auf 1000 Fuss, die mittlere Tiefe der Meere auf 13.000 Fuss.[1]

Krümmel veranschlägt, auf Leipoldt gestützt, die mittlere Höhe der Festländer auf 440 M., die mittlere Tiefe der Meere auf 3438·4 M. (1880 Faden). Nach Krümmel's Angaben würde bei Ausgleichung aller Unebenheiten die ganze Oberfläche des Planeten von einer Meerestiefe von 0·339 Meilen = 2·52 Km. = 1375 Faden überdeckt sein.[2]

Das mittlere Maass der vorhandenen Unebenheiten, welches sich aus der Summe der mittleren Höhe der Continente und der mittleren Tiefe der Meere ergibt, würde daher nach Carpenter 14.000 Fuss, nach Krümmel 3878·4 M. betragen. Aber jener Beobachter des entblössten Erdballes würde einen noch grösseren Contrast der Tiefen und Höhen sehen, denn bei Ermittlung dieser Ziffern ist ein Umstand ausser Betracht geblieben, welcher einen guten Theil der Steilheit der Küsten und des Gegensatzes von Land und Meer verhüllt, nämlich die Attraction, welche von den Festländern auf die Masse der Meere ausgeübt wird.

Man pflegt von der Voraussetzung auszugehen, dass die Meeresfläche allenthalben gleich hoch, d. i. dass jeder Theil derselben und folglich auch jeder Theil der Strandlinie gleich weit von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sei. Diese Voraussetzung ist, obwohl auf derselben ein so grosser Theil unserer geodätischen Arbeiten beruht, eine unhaltbare. Nach den älteren Arbeiten von Saigey und Stokes, insbesondere aber nach den neueren Untersuchungen Fischer's und der klaren Darstellung der Sachlage,

welche Hann geliefert hat, muss es als erwiesen gelten, dass die Massen der Continente eine beträchtliche Anziehung auf die Meere ausüben, und dass folglich die Oberfläche der Meere gegen die Continente hin ansteigt.[3]

Führt man also einen Schnitt in der Ebene eines Parallelkreises quer über einen der grossen Oceane, so wird sich ergeben, dass die Mitte des Oceans dem Mittelpunkte der Erde näher liegt als die beiden Strandlinien. Der Unterschied der Höhen in Metern stellt sich nach Fischer annähernd gleich 122mal dem Unterschiede der Anzahl der täglichen Pendelschwingungen. Dies gäbe bei einem Unterschiede von z. B. neun Schwingungen auf einer oceanischen Insel im Vergleiche zur Küste eine thatsächliche Höhendifferenz von etwa 1100 M. oder 3380 Pariser Fuss. Die Küsten der Festländer und diese selbst erscheinen dem Auge daher viel zu niedrig; dieses Anschmiegen des Meeres verhüllt einen grossen Theil des Gegensatzes, welcher thatsächlich zwischen Continent und Ocean besteht.[4]

Die Bedeutung dieses Umstandes tritt hervor, wenn man annimmt, dass diese Attraction aufhöre. Der jetzt an den Rändern der Continente aufsteigende Theil der Meere würde zurücksinken, ein grosser Theil der tiefer in die Continente eingreifenden Buchten würde gänzlich trockengelegt, die Continente würden etwas an Umfang und viel an Höhe und Zusammenhang gewinnen. Aber während die Festländer hervortreten, würden zugleich die Meere an Tiefe zunehmen, und die gleichförmige Ausbreitung der bisher von den Continenten festgehaltenen Meerestheile würde vielleicht hinreichen, um eine Anzahl flacher oceanischer Inseln dauernd zu überfluthen.

Die Lothungen, welche von der Küste gegen das offene Meer hinaus vorgenommen werden, sind demnach nicht auf einen horizontalen, sondern auf einen concaven Wasserspiegel zu beziehen, wodurch sich die Profillinie des Untergrundes wesentlich verändert.

Carpenter schätzt, wie gesagt, die mittlere Höhe der Festländer auf höchstens 1000 Fuss, Krümmel auf 440 M.; das Beispiel, welches für das Ausmass der Attractionswirkung angeführt wurde, ergab 1100 M. für das Ansteigen des Oceans, also weit mehr als das Doppelte, ja fast das Dreifache der höheren Schätzung

der mittleren Höhe der Festländer. Wenn nun auch diese Ziffer eine ausnahmsweise sein und der mittlere Ertrag der Attraction auf weniger als die Hälfte derselben herabsinken mag, was zu beurtheilen mir allerdings die Anhaltspunkte fehlen, so bleibt immer noch Ursache zu einer weitgehenden Correctur der bisherigen Anschauungen.

Sucht man ferner die Entfernung der mittleren Höhenlinie der Festländer von der mittleren Tiefenlinie der Meere, also das mittlere Ausmass der Verschiedenheiten des Reliefs zu ermitteln, so genügt es nicht, die beiden Ziffern Krümmel's 440 M. + 3438·4 M. = 3878·4 M. zu addiren, wie oben geschehen ist. Es kömmt hiezu noch eine Ziffer für das Ausmass der Attraction zu fügen, welche diese Summe beträchtlich, und zwar jedenfalls weit über 4000 M. erhöhen muss. Dies erst wäre das mittlere Maass jener Unebenheiten, welche sich jenem Beobachter zeigen würden.

Eine lange Reihe der schwierigsten Fragen tritt uns aus dieser ersten Betrachtung der grossen Züge der Erdoberfläche entgegen.

Wie mögen diese grossen Tiefen des Meeres entstanden sein?

Unter dem Eindrucke des ausserordentlichen Ausmasses derselben und unter der Ueberzeugung, dass die älteren Ansichten über Erhebung und Senkung des Landes durchaus nicht hinreichen, um so gewaltige und ausgedehnte Verschiedenheiten des Reliefs zu erzeugen, hat die Ansicht Wurzel gefasst, dass die oft erwähnten Veränderungen in der Vertheilung von Ocean und Festland denn doch nur innerhalb gewisser, nicht allzuweiter Grenzen nachweisbar und überhaupt denkbar seien, und dass von jeher die Lage der grossen Festländer und der grossen Meeresbecken in der Wesenheit unverändert geblieben sei.

In der That möchte es wohl scheinen, als ob die Ueberfluthungen unserer heutigen Continente in früheren Zeiten, d. i. seit dem Abschlusse der unteren Silurablagerungen, kaum weiter gediehen seien als bis zu einem verhältnissmässig geringen Bruchtheile der mittleren Tiefe der heutigen Meere. Murray hat in grosser Ausführlichkeit und in überzeugender Weise nachgewiesen, dass die Sedimente der grossen Tiefen nur organischen, oder vulcanischen, oder meteorischen Ursprunges sind. Jede Beimengung einer der trockenen Erdoberfläche entnommenen Einschlämmung

bleibt ihnen fremd, und sie sind folglich verschieden von der übergrossen Masse jener Meeresablagerungen, welche in unseren Gebirgen und Ebenen angetroffen werden, und deren Analoga man heute in geringerer Entfernung und in mässiger Tiefe vorfindet.[6]

Die häufigen Einschaltungen von Süsswasserbildungen in den späteren Zeitabschnitten, sowie der in diesen Zeiten sich geltend machende vicarirende Charakter der einander folgenden Landfaunen, in welchen sich die Continuität des Lebens auf dem trockenen Lande so deutlich ausprägt, können als eine Bekräftigung dieser Meinung für die jüngeren Perioden angesehen werden.

Auf der anderen Seite ist aber die Mächtigkeit der Meeresablagerungen, welche an dem Aufbaue der Continente theilnehmen, zuweilen so ausserordentlich gross, dass es schwer wird, den Mangel abyssischer Merkmale zu erklären, und nicht nur die Einverleibung so beträchtlicher Massen von Sediment in die Continente, sondern auch die Frage nach jenen Festländern, durch deren Abschwemmung diese mächtigen Massen erzeugt wurden, bleibt ein Räthsel. Ich erinnere an die Tausende von Fussen triadischen und rhätischen Kalksteins in den Alpen und die Mächtigkeit des so viel jüngeren Flysch, um von der grossen Entwicklung paläozoischer Ablagerungen in England nicht zu sprechen. Nach einer Messung von Ashburton beträgt die Summe der Mächtigkeiten auf einer Profillinie in Central-Pennsylvanien von dem Niveau der Alleghany-River-Coal-Series bis zum Trenton-Limestone, also noch ohne die tieferen Glieder des Silur, 18.394 Fuss.[7]

Es wäre nicht eben schwer, eine gute Anzahl von Gegenden zu ermitteln, in welchen die Summe der Mächtigkeit der vorhandenen Meeressedimente ebenso gross ist, als die ganze beiläufige mittlere Tiefe der heutigen Meere, also etwa 4000 bis 5000 M., erreicht. Wie tief muss aber nach den herrschenden Voraussetzungen die Senkung eines Landstriches einst gewesen sein, wenn nicht etwa seine Meeresbedeckung, sondern wenn sogar die Sedimente eine solche Mächtigkeit erreichten?

Der ausserordentliche Antheil, welchen paläozoische Sedimente an dem Aufbaue der Festländer, z. B. in China, nehmen, ist ein untrügliches Zeichen für das grosse Maass des eingetretenen Wechsels. Die hohen Sockel, auf welchen unsere Continente

liegen, mögen also sehr alt sein, sie mögen zum grossen Theile weit in die mesozoische Zeit zurückreichen, aber für die paläozoische Periode könnte man der Voraussetzung allgemein persistirender Festländer nicht zustimmen, und jener Theil der continentalen Ränder, welche quer über das Streichen junger Kettengebirge gebrochen ist, hat sicher nur ein gar geringes Alter.

Es handelt sich also bei Betrachtung der keilförmigen Gestalt der Festlandmassen nicht um etwas seit der Bildung des Erdkörpers unverändert Gegebenes, sondern es wird sich jeder Versuch, die Bewegungen und die Formveränderungen der Erdrinde zu verstehen, mit diesen grössten Merkmalen der planetarischen Oberfläche zu beschäftigen haben. —

Denken wir uns nun weiter, dass derselbe Beobachter dem Erdballe sich so weit genähert habe, dass er nicht nur den Umriss und die Steilheit, sondern auch die Beziehungen der Umrisse der Continente zu den Gebirgen auf denselben wahrzunehmen im Stande sei. Nun wird er erkennen, dass auf diesem Planeten sich zwei Gebiete unterscheiden lassen, in welchen die Grenzen der Meeresbecken in einem wesentlich verschiedenen Grade von Abhängigkeit stehen von den Gebirgsketten der Festländer.

Von Chittagong am nördlichen Ende der Bucht von Bengalen bis Java und entlang der asiatischen Küste des pacifischen Oceans durch Japan und die Kurilen und dann ostwärts durch die Aleuten bis Aljaska zeigen sich auf dem Festlande selbst oder auf langen vorliegenden Inselreihen mehr oder minder zusammenhängende Linien von Gebirgsketten, deren Streichen entweder der Küste parallel oder gegen dieselbe concav ist, so dass die Inseln wie ebensoviele hängende Blumenkränze das Festland umgeben und dass bestimmte Beziehungen zwischen der Umgrenzung des Festlandes und seiner Structur nicht zu leugnen sind.

In ebenso unverkennbarer Weise tritt der Zusammenhang des Verlaufes der Küste mit dem Streichen der Gebirgsketten an der amerikanischen Westküste bis Californien hinab und durch ganz Südamerika hervor.

Vom Ganges bis zum Cap Horn ist also eine Wechselbeziehung dieser Art die Regel; dieses ist der pacifische Typus.

Begeben wir uns an die Ostseite von Cap Horn, so zeigt sich sofort eine geänderte Sachlage. Die Gebirge streichen gegen Staten Island hinaus und Cap Horn selbst folgt noch der pacifischen Regel. Aber für die ganze patagonische, für die brasilische, ja für die ganze ostamerikanische Küstenlinie bis Grönland hinauf, mit Ausnahme der Antillen-Region, gilt diese Regel nicht. Wo ein Gebirge in der Nähe des Meeres liegt, wie die Appalachien, ist es abgewendet vom Meere; es ist weithin gar kein ursachlicher Zusammenhang zwischen der Küstenlinie und der Structur des Continentes sichtbar. So ist es auch auf der ganzen Westküste der alten Welt, mit Ausnahme eines Theiles der westlichen Pyrenäen. Schottland, die Bretagne, Portugal bieten auffallende Beispiele von quer die Structur durchschneidenden Küstenlinien, und namentlich im nördlichen Schottland kann man deutlich erkennen, wie die grossen, nach Nordost streichenden Verwerfungen, welche das ganze Land durchqueren, gegen das Meer auslaufen, während das Ufer mit zackigem Umrisse zwischen diesen Verwerfungen eingebrochen ist.[8]

Diese Unabhängigkeit des Verlaufes der Meeresküste von jener der Gebirgsketten ist bezeichnend für die atlantische Region.

Der heutige Umriss der Bedeckung des Planeten mit Wasser fällt also in dem grössten Theile des pacifischen Gebietes mit leicht erkennbaren Zügen der Structur des Erdballs zusammen, während für das atlantische Gebiet eine solche Uebereinstimmung nicht sichtbar ist. Sobald man aber versucht, diese Unterscheidung auf den indischen Ocean anzuwenden, zeigt es sich, dass wohl die ganze Ostseite Afrikas, die arabische Küste und jene der ganzen indischen Halbinsel bis zum Ganges ähnlich gebaut sind wie die atlantischen Umrisse, und dass dasselbe weit im Südosten für die australischen Küsten gilt, dass aber zwischen diesen von Chittagong bis über Java hin, wie schon gesagt wurde, der pacifische Bau hervortritt. Man muss nun auf dem Festlande die Grenzen beider Gebiete finden. Diese Grenze verläuft aus dem bengalischen Tieflande nach den äusseren Ketten des Himalaya gegen Nordwest, folgt dann vom Punjab dem Indus bis zu seinen Mündungen, ferner dem persischen Meerbusen und dem Unterlaufe

des Euphrat und findet, wie sich später zeigen wird, unter gar verwickelten Verhältnissen ihre Fortsetzung vom Meerbusen von Gabes durch Marocco bis zur atlantischen Küste Afrikas. Auf diese Art werden die drei grossen, nach atlantischem Typus umgrenzten Massen von Afrika, der indischen Halbinsel und Australien südwärts abgeschieden.

Die mächtigsten Gebirgsketten der Erde sind nur untergeordnete Glieder sehr grosser Structurerscheinungen, welche den ganzen Erdball beherrschen. Man mag die Schichtstellung und den Bau eines Gebirges im Einzelnen beobachten und beschreiben, aber man vermag nicht eine Erklärung für dieselben zu geben, ohne die Beziehungen dieses Gebirges zu der Vertheilung der Gebirgsketten überhaupt im Auge zu halten. —

Lassen wir nun denselben Beobachter zur näheren Betrachtung der Schichtstellung in den einzelnen Gebirgsketten seinen Fuss auf den grünen Rasen unserer Erde setzen. Er wandert über Berg und Thal, aber er sieht nur gar wenig von den gewaltigen Bewegungen, an welchen viele Theile der Erdoberfläche theilgenommen haben. Die Höhen sind abgewittert und abgewaschen, die Niederungen verschlämmt und versandet. Grosse Gebirgszüge sind niedergehobelt zu Hügelland oder gar zu Platten. Bruchflächen, an welchen sich Verschiebungen von Gebirgsschollen gegen einander im Ausmasse von vielen Tausenden von Fussen vollzogen haben, sind dem Auge so vollständig entzogen, dass sie nur zufällig durch unterirdische Arbeiten überhaupt bekannt werden.

Die Verwerfung im Tunnel von Fuveau bei Marseille, welche etwa 1200 M. beträgt und den Muschelkalk mit viel jüngeren Schichten in Berührung bringt, ist zu Tage gar nicht bekannt gewesen.[1]

Die Brüder Rogers nehmen in den Kohlenfeldern Virginiens Versenkungen von Schichten bis zum Ausmasse von 7000—8000 Fuss an,[2] und nach Lesley ist in diesem Gebiete die Westseite der Anticlinale ‚Cove Canoe‘ durch einen 20 (engl.) Meilen langen Bruch abgetrennt und um wenigstens 20.000 Fuss hinabgesenkt.[3]

Man versuche aber nur in irgend einem genauer bekannten Gebiete die Wirkungen der Denudation im Geiste zu entfernen, und

es bauen sich gar oftmals Gebirge auf von Höhen, die allerdings vielleicht niemals wirklich bestanden haben, da die Denudation in ihrer Wirkung stetig die Gebirgsbildung selbst begleitet haben mag, deren Dimensionen aber nichtsdestoweniger uns das wahre Ausmass der vorgekommenen Verticalbewegungen geben. Man denke sich anstatt der kleinen Lappen von Rothliegend und Kreide, welche das hohe Alter der Denudation verrathen, auf die Höhe des Erzgebirges jenen ganzen Mantel von paläozoischen Bildungen von Sachsen her fortgeführt, welcher heute gefaltet sich nur an den Nordsaum des Gebirges lagert. Man führe auf die älteren Felsarten unserer Alpen nur einen Theil der mesozoischen Nebenzonen herauf, und wie ausserordentlich ändert sich sofort das Bild unserer Gebirge! So kommt es, dass Clar. King, von Ost her die angelagerten paläozoischen Schichten fortsetzend bis auf den Kamm des Bruches, an welchem am grossen Salzsee der westliche Theil des Wahsatch absinkt, für das Maass dieses Absinkens mindestens 30.000 Fuss und mit Hinzufügung der Kreideformation 40.000 Fuss annimmt.[12] Dies ist die grosse Bedeutung jener Stereogramme, welche Powell nach Gilbert's Vorschlag von den Uinta-Mountains entwarf, und aus denen erst das wahre Ausmass der Einsenkung deutlich vor das Auge gebracht wird.[13]

Es wird sich aber Gelegenheit finden, zu zeigen, dass die Erdrinde nicht etwa nur von einzelnen Brüchen dieser Art durchsetzt ist, sondern dass ausgedehnte Gebiete an Systemen von Brüchen zur Tiefe gesunken sind. —

Wir wollen auch diese Reihe von Erfahrungen verlassen und wollen denselben Beobachter, nachdem er unter den Wolkengürteln die keilförmigen Umrisse der Festländer, dann unter dem Meere die grosse Tiefe der oceanischen Becken, dann die Verschiedenheit der pacifischen und der atlantischen Seite, endlich die weitgehende Verhüllung der grossen Brüche erkannt hat, nunmehr aus den Bergen hinabführen in unsere Schulen. Aus einem Wanderer wird er ein Zuhörer. Die Grundzüge des erhabenen Wissensgebietes der Erdgeschichte werden ihm dargelegt. Er hört von den wunderbaren Erweiterungen der menschlichen Kenntnisse, welche durch die Untersuchung der Spectra der Himmelskörper herbeigeführt wurden, dann von den verschiedenen Phasen der

Erkaltung, in welchen sich heute die einzelnen Himmelskörper befinden, von den Folgerungen, welche sich hieraus für die Bildung unseres Sonnensystems und für jenen langen ersten Theil des Bestandes unseres Planeten ergeben, während dessen die Bedingungen für organisches Leben noch nicht vorhanden waren; dann hört er, dass in der Folge Wasser, Luft und Leben entstanden sind, und dass man den letzten, seither abgelaufenen Zeitraum abtheilt in geologische Formationen, in Epochen, Perioden und Stufen.

Ist der Hörer nun einmal so weit gekommen, ist er an der Pforte der stratigraphischen Geologie und zugleich an jener der Geschichte des Lebens angelangt, so sieht er sich umdrängt von einer kaum zu beherrschenden Menge von Einzelheiten über die Verbreitung, die Lagerung, die Gesteinsbeschaffenheit, die technische Benützbarkeit und die organischen Reste jeder einzelnen Unterabtheilung. Er hält inne und frägt: Was ist denn eigentlich eine solche geologische Formation? welche Umstände bedingen ihren Anfang und ihr Ende? wie ist es denn zu erklären, dass gleich die erste derselben, die silurische Formation, in so entlegenen Theilen der Erde, vom Ladoga-See bis zu den argentinischen Anden und vom arktischen Amerika bis Australien in so deutlich wiederkehrenden Merkmalen sich wiederholt, und wie kommt es, dass die Gleichstellung bestimmter Horizonte aus verschiedenen Zeitaltern und ihre Unterscheidung von anderen Horizonten über so weite Flächen durchgeführt werden kann, ja dass thatsächlich sich diese stratigraphischen Abgrenzungen über den ganzen Erdball erstrecken?

Diese Frage ist gewiss naheliegend und berechtigt, aber wenn wir alle die hervorragendsten Meister unserer Wissenschaft heute zu einem glänzenden Tribunale vereinigen, und diesem die Frage des Schülers vorlegen könnten, ich zweifle, dass die Antwort eine einstimmige, ja ich weiss nicht, ob sie überhaupt eine bestimmte sein würde. Gewiss ist, dass sie im Laufe der letzten Jahrzehnte nicht immer gleich gelautet hätte.

Blicken wir in die Jahre 1849—1859 zurück. Die Lehre von der wiederholten Erschaffung neuer Bevölkerungen herrscht allenthalben. Jeder grössere Abschnitt bedeutet einen Schöpfungsact.

Dabei fehlt es aber nicht an weitgehenden Meinungsverschiedenheiten über den Anstoss zum Untergange einer Fauna. In Belgien und Frankreich entstehen lebhafte Discussionen über diese Frage. Am häufigsten begegnet man der Voraussetzung, dass die Erhebung der Gebirgsketten anzusehen sei als die Ursache dieser Kataklysmata, und man sucht nach einer Uebereinstimmung zwischen den Erfahrungen der Paläontologie und den Versuchen Beaumont's, eine geometrische Gesetzmässigkeit in der Vertheilung und eine geregelte Altersfolge der Gebirge nachzuweisen.

Dumont behauptet unter dem Widerspruche Koninck's, die heutigen zonenförmigen Verschiedenheiten der Klimate seien von jeher vorhanden gewesen, Faunen wie die silurische, devonische und Carbon-Fauna möchten leicht zugleich, doch in verschiedenen Breiten gelebt haben und seien nacheinander allmälig von den Polen zum Aequator vorgedrungen. Dabei leugnet Dumont keineswegs die Richtigkeit und den Werth der Beaumont'schen Anschauungen; er betrachtet aber neben den angeblich raschen Erhebungen der Gebirge die langsamen Bewegungen der Erdrinde, das Vordringen oder Zurückweichen gewisser Ablagerungen auf grossen Strecken, und benützt diese zur Feststellung von Unterabtheilungen der Tertiärformation. Man könnte sagen, dass Dumont strebt, neben den Discordanzen auch die Transgressionen zur Geltung zu bringen.[14]

Barrande untersucht, bis zu welchem Grade die Gebirgserhebungen als örtliche Erscheinungen aufzufassen seien, hält sich an Beaumont's Angabe, dass jedes Gebirgssystem sich ausdehnen könne auf einen Kreisausschnitt, gelegen zwischen zwei grössten Kreisen mit der Aequatorialentfernung von 20 Grad, und erwartet erst von einem Vergleiche der von der Paläontologie erreichten chronologischen Tafel mit der Chronologie der Discordanzen weitere Erfolge.[15]

Bald spricht d'Archiac mit Bestimmtheit die volle ‚Unschädlichkeit' der grossen Dislocationen der Erdrinde gegenüber den Gesetzen der Lebensfolge aus,[16] und im Jahre 1859 zeigt Hébert die Ausdehnung der Süsswasserschichten, welche Jura und Kreideformation trennen, vom Juragebirge bis Hannover und England, und folgert aus derselben die Abhängigkeit dieser Vorkommnisse

von der Oscillation weiter Bodenflächen, nicht aber von den localen Erhebungen der Gebirge.[17]

Während in Frankreich die ältere Ansicht von dem wiederholten plötzlichen Untergange alles Lebens mehr und mehr zurückgedrängt wird, hat Edw. Forbes in England bereits gelehrt, wie man selbst innerhalb der heutigen Bevölkerung Europa's Elemente von verschiedenem Alter zu unterscheiden vermöge,[18] und Beyrich in Norddeutschland wesentlich auf Grund einer weithin nachgewiesenen Transgression die oligocäne Schichtgruppe der Tertiärformation umgrenzt.[19] Daneben haben sich aber immer noch die Spuren einer älteren, von Brocchi herrührenden Meinung erhalten, nach welcher den einzelnen Arten selbst eine Lebensdauer von vorneherein gesetzt sei, wie den Individuen, und es überhaupt eines äusseren Anlasses zu ihrem Untergange nicht bedürfe.[20]

Gegen das Jahr 1859 hin suchte die Mehrzahl der Forscher die Ursache der Verschiedenheit der Ablagerungen und der Faunen in langsamen und ausgebreiteten Schwankungen der Festländer und in wiederholten, vielleicht mit diesen Schwankungen zusammenhängenden klimatischen Veränderungen.

Da erschien Darwin's Buch über die Entstehung der Species. ‚Eben da der Process der Ausrottung,‘ sagt der Verfasser, ‚in ausserordentlichem Maassstabe sich vollzogen hat, muss die Zahl der vermittelnden Varietäten, welche früher die Erde bewohnten, wahrhaft ausserordentlich sein. Warum ist also nicht jede geologische Formation voll von solchen vermittelnden Gliedern? Gewiss enthüllt uns die Geologie nicht eine solche feingraduirte organische Kette, und dieses ist vielleicht die naheliegendste und ernsteste Einwendung, welche gegen meine Theorie erhoben werden kann. Die Erklärung liegt, wie ich meine, in der ausserordentlichen Unvollständigkeit der geologischen Ueberlieferung.‘

An einer späteren Stelle äussert sich Darwin weiter: ‚Ich glaube, dass die Erde kürzlich einen dieser grossen Cyclen des Wechsels durchgemacht hat, und dass, von dieser Ansicht ausgehend, verbunden mit der Abänderung durch natürliche Auswahl, eine Menge von Thatsachen in der gegenwärtigen Vertheilung sowohl gleicher, als auch verwandter Lebensformen erklärt werden kann.‘[21]

Diese Worte enthalten, obwohl sie sich nur auf die geographische Verbreitung der heutigen Lebensformen beziehen, dennoch das wesentliche Zugeständniss, dass die Entwicklung des Lebens auch nach Darwin's Meinung zwar eine ununterbrochene, aber keine gleichmässige gewesen sei, ja es scheint fast, als solle der Leser vor ein weiteres Problem, das eines grossen und noch unbekannten, von der zeitweisen Aenderung der äusseren Existenzbedingungen veranlassten Rhythmus in dem Processe der Gestaltung der lebenden Wesen geführt werden.

Nach derselben Richtung führt uns aber schon Aristoteles mit den bemerkenswerthen Worten: ‚Die Vertheilung von Land und Meer in gewissen Regionen ist nicht allzeit dieselbe, sondern es wird zur See, wo früher Land war, und zu Land, wo See war; und es ist Grund zu meinen, dass dieser Wechsel nach einem bestimmten System und in bestimmten Zeitabschnitten sich vollzieht.'[22]

Mehr als zwanzig Jahre sind seit dem Erscheinen von Darwin's Buche verflossen. Die Erfahrungen haben sich vermehrt; mit viel grösserer Bestimmtheit als damals können wir heute in den Resten der Vorzeit die Abstammungslinien z. B. bei den Raubthieren, den Einhufern, den Echinoiden und mancher anderen Gruppe verfolgen und sehen, wie sich bei diesen die Variation mehr oder weniger stetig nach jener selben Richtung bewegt, deren bisheriges Resultat der heutige Formenkreis darstellt. Dabei ist zwischen je zwei aufeinander folgenden Säugethierfaunen der Tertiärzeit zuweilen ein ebenso genaues vicarirendes Verhältniss erkennbar, wie zwischen zwei räumlich benachbarten Landfaunen der Gegenwart.

Es tritt also in der That der Zusammenhang alles Lebens aus den paläontologischen Studien von Tag zu Tag deutlicher hervor. Daneben bleibt nichtsdestoweniger die Thatsache aufrecht, dass wir nicht innerhalb der einzelnen Familien oder Gattungen die Arten allmälig und zu verschiedenen Zeiten sich ändern sehen, sondern dass es ganze Gesellschaften, ganze Bevölkerungen und Floren oder, wenn ich mich so ausdrücken darf, ganze ökonomische Einheiten der Natur sind, welche gemeinschaftlich auftreten und wieder gemeinschaftlich verschwinden. Dies ist um so merkwürdiger, als die Aenderungen der Bevölkerungen des Meeres

und jener des trockenen Landes keineswegs immer zusammenfallen, wie dies z. B. für die einzelnen Abtheilungen der Tertiärformation in der Niederung von Wien auf das Unzweifelhafteste nachgewiesen ist. Aus diesem Umstande kann man mit Sicherheit entnehmen, dass hier Veränderungen der äusseren Lebensverhältnisse massgebend gewesen sind.

Freilich ist die Ueberlieferung in hohem Grade unvollständig. Ein deutliches Zeichen hiefür liegt in der örtlichen Recurrenz einzelner Gruppen. Die Recurrenz gewisser Gattungen von Ammonitiden im mitteleuropäischen Jura ist von Neumayr bereits benützt worden, um die ersten Grundlinien zur Abgrenzung der thiergeographischen Provinzen während der einzelnen Abtheilungen der Juraperiode zu ermitteln.[23] Es sind zwischen diesen Provinzen von Zeit zu Zeit Verbindungen eröffnet und wieder unterbrochen worden, aber die Thatsache, dass nicht nur trotz der untergeordneten Verschiedenheiten der Synchronismus der Unterabtheilungen in den einzelnen Provinzen in vielen Fällen mit hinreichender Sicherheit ermittelt werden kann, sondern dass über die ganze Erde hin dem wohlbekannten Gesammttypus der Juraformation der ebenso wohlbekannte Typus der Kreidezeit folgt, belehrt uns, dass es Veränderungen gegeben hat, deren Wirkungsgebiet noch ausgedehnter war als diese grossen Provinzen.

Auf diesem Umstande beruht auch die Einheit der stratigraphischen Terminologie.

Die vortrefflichen Arbeiten der englischen Geologen im östlichen Australien, die Berichte der geologischen Landesaufnahme in Ostindien, die Darstellungen unserer Reisenden in China wie in den arktischen Gegenden, die ausgedehnten Publicationen, mit welchen Nordamerika uns beschenkt, wie die Schriften deutscher Forscher über die südamerikanischen Anden, die Beschreibungen vom Cap und die allerdings noch sparsamen, aber höchst werthvollen Nachrichten, welche wir aus den schwerer zugänglichen Theilen Afrika's erhalten haben, sie bedienen sich Alle anstandslos zur Bezeichnung der wichtigeren Glieder des geschichteten Gebirges jener selben Ausdrücke, welche ursprünglich zur Gliederung der Sedimente in einem beschränkten Theile Europa's gewählt worden sind. Der Geologe in Neu-Seeland oder Victoria

weiss, wenigstens so oft es sich um Meeresablagerungen handelt, ganz so gut wie sein College im nördlichen Russland oder auf Spitzbergen, ob er paläozoische oder mesozoische oder noch jüngere Ablagerungen vor sich hat, und Ausdrücke wie ‚Kohlenkalk‘, ‚Jura‘, ‚Kreide‘ haben in diesem Augenblicke bereits auf der ganzen von Geologen besuchten Oberfläche der Erde das Bürgerrecht erlangt.

Der grösste Theil dieser Nomenclatur stammt aus England und hat Geltung erlangt, obwohl schon im mittleren Europa einzelne mächtige Meeresablagerungen erscheinen, deren Zeitäquivalente in England einen wesentlich anderen Charakter zeigen und nicht sofort wieder zu erkennen sind. Beispiele sind die Triasbildungen der Ostalpen und die tithonische Stufe. Zugleich lernen wir durch die Arbeiten Abich's über die Vorkommnisse Armenien's, sowie durch Waagen und Griesebach aus Ostindien jene Meeresfaunen kennen, welche die gewaltige Lücke, die sich in Europa gegen den Schluss der paläozoischen Gruppe einstellt, mehr und mehr ausfüllen. Man wird jedoch bei genauerer Ueberlegung leicht zu der Meinung geführt, dass nicht die Vollständigkeit der marinen Formationsreihe im südöstlichen und mittleren England, sondern gerade jener, wenn ich so sagen darf, mittlere Grad der Lückenhaftigkeit, welcher ihr zukömmt, das Erfassen natürlicher Gruppen in einer Weise erleichtert hat, welche an anderen Orten, wo eine Meeresbildung auf die andere folgt, nicht geboten ist. In solchen Gegenden aber, in welchen die Lückenhaftigkeit der Serie eine besonders grosse ist, und wo z. B. das Uebergreifen der cenomanen Kreide hervortritt, zeigt sich höchst auffallende Uebereinstimmung über weite Flächen und in beiden Hemisphären. Diese Uebereinstimmung war es, welche mich bereits vor längerer Zeit vermuthen liess, dass die sogenannten säcularen Hebungen und Senkungen der Continente nicht ausreichen, um die engere Verbreitung der einen, die weitere der anderen Formation zu erklären, sondern dass irgend eine gemeinsame, wenn auch unbekannte Ursache zu Grunde liege.[4]

In ähnlicher Weise hat E. v. Mojsisovics seither die ‚der Hauptsache nach ganz parallel schreitende Entwicklung der beiden grossen Festlandmassen der Nordhemisphäre‘ und den ‚überein-

stimmenden Cyclus dynamischer Umgestaltungen diesseits und jenseits des Oceans' als eine der merkwürdigsten Erfahrungen bezeichnet.[25]

Schon mehrere Jahre früher meinten, einer ganz anderen Richtung der Beobachtungen folgend, bedeutende amerikanische Geologen innerhalb der Schichtenreihe ihres Continentes eine gewisse Wiederkehr jener Umstände zu erkennen, unter welchen sich die Ablagerung der Sedimente vollzieht. Man wollte wahrnehmen, dass jede grosse Formation mit einer thonigen oder sandigen Bildung in seichterem Wasser beginnt, dann von einer kalkigen Meeresbildung gefolgt wird, worauf wieder die Tiefe des Meeres geringer wird. Man nannte diese Reihen ‚*Cycles of deposition*'.

So hat Dawson eine ausführlichere Besprechung der vier Cyclen für Untersilur, Obersilur, Devon und Carbon gegeben,[26] und Newberry, nachdem er die paläozoischen Cyclen in Ohio erkannt, dieselbe Anschauung auf die mesozoischen Ablagerungen des Südwestens, namentlich auf die Trias von Neu-Mexico und die Kreide vom Colorado bis Kansas und Texas ausgedehnt.[27]

Die Vorgänge in der Natur, meinte Newberry, seien allerdings so mannigfaltig, dass durch dieselben die Einfachheit der Grundlinien leicht verhüllt werde. Insbesondere treffe man z. B. in dem flötzreichen Carbon kleinere Cyclen innerhalb der grossen, nämlich Perioden der Ruhe oder der Regression in dem Verlaufe dieser Bewegungen.

Unter solchen Voraussetzungen aber, und sobald man das untergeordnete Gefüge einer sedimentären Reihe in seiner Abhängigkeit von den grossen Regeln der Bildungsverhältnisse ansieht, kann die Art der Schichtung und selbst die einzelne Bank eine Bedeutung als Glied einer grossen rhythmischen Erscheinung erhalten, welche ihr bisher nicht zuerkannt wurde.[28]

Jener Vorbehalt, welchen ich in Betreff der Chronologie der Faunen des trockenen Landes gemacht habe, gilt insoferne, als eine Veränderung der Landfauna durchaus nicht nothwendig immer mit einer Veränderung der Meeresfauna gleichzeitig ist, aber die ausgedehnten Arbeiten von Marsh und Cope zeigen bereits deutlich genug den beträchtlichen Grad der Uebereinstimmung der nordamerikanischen tertiären Landfaunen mit jenen Europa's. Diese

Thatsache ist darum besonders lehrreich, weil sich aus derselben noch schlagender wie aus der Betrachtung der Meeresablagerungen das gleichzeitige Verschwinden ganzer Gesellschaften, ganzer ökonomischer Einheiten auf ausserordentlich weite Strecken hin ergibt, sowie das Erscheinen neuer Faunen, jenes selbe Phänomen, welches Heer schon vor langer Zeit als eine ‚zeitweise Umprägung der Organismen' nicht ohne Glück bezeichnet hat.

Die in Europa allerdings noch mehr als in den Vereinigten Staaten örtlich wechselnde Art des Vorkommens der Landthiere bringt es mit sich, dass hier der Forscher noch weit mehr als bei den Meeresablagerungen, ja fast lediglich auf die organischen Reste seine chronologischen und stratigraphischen Folgerungen zu stützen genöthigt ist. Aber es bedarf kaum der Bemerkung, dass der jeweilige Charakter der Fauna wohl ein höchst werthvolles passives Merkmal ist, dass aber die physikalischen Ursachen der Veränderungen dereinst, nachdem sie richtig erkannt sein werden, die einzige natürliche Grundlage einer Abgrenzung der Zeitabschnitte sein werden.

Diese physikalischen Ursachen sind wahrscheinlich von sehr verschiedener Art. Wie der kurze Rückblick auf das Schwanken der Meinungen im Laufe der letzten Jahrzehnte gezeigt hat, sind es vornehmlich die Bewegungen der Erdrinde gewesen, in welchen man die Veranlassung zu den Veränderungen der organischen Welt gesucht hat. Die Fortschritte, welche die Kenntniss von dem Gefüge der grossen Gebirgsketten gemacht hat, führen uns jedoch einem Verständnisse dieses vermeintlichen Zusammenhanges nicht näher. Die Art und Weise, in welcher sich die Contraction der Erdrinde an der Oberfläche des Planeten äussert, die Bildung von Falten und Einbrüchen, steht nicht im Einklange mit der Voraussetzung von langsam, auf weite Strecken hin, gleichförmig, zu wiederholten Malen auf- und wieder absteigenden continentalen Tafeln. Die gleichartige Entwicklung der sedimentären Reihe und die Uebereinstimmung ihrer Lücken auf beiden Seiten des atlantischen Oceans erklären sich auf diesem Wege nicht. Wenn in einzelnen der trefflichsten Darstellungen der Structur irgend eines Gebirgszuges neben der Darlegung der Bildung der Falten und Brüche noch zur Erklärung der etwaigen Lückenhaftigkeit der

Serie von ‚Massenerhebungen' gesprochen wird, welche unabhängig sein sollen von der Bildung der Gebirgskette, so sieht sich, meine ich, der prüfende Leser vor eine den übrigen Erklärungen fremde Annahme gestellt. Es bleibt der Eindruck zurück, als seien grundverschiedene Erscheinungen nicht hinreichend von einander gesondert.

Man vergleiche den Gegensatz zwischen dem Begriffe einer Formationsgrenze im Beaumont'schen Sinne und jenen Anschauungen, von welchen Beyrich bei der Theilung der mittleren Tertiärablagerungen ausgegangen ist. Dieser Gegensatz findet den deutlichsten Ausdruck, indem man dem Worte ‚Dislocation' das Wort ‚Transgression' entgegenstellt.

Die Dislocation, mag sie eine Faltung oder eine Senkung sein, bleibt auf ein gewisses Gebirgssystem, oft nur auf einen ganz geringen Theil desselben beschränkt; die Transgression erstreckt sich weithin über grosse Theile der Erdoberfläche. Die Intensität der Dislocation mag örtlich sehr rasch wechseln; die Transgression lässt, sofern nur ein einzelner Gebirgstheil betrachtet wird, Verschiedenheiten der Intensität kaum erkennen, und die Transgression mag weithin in vollster Concordanz mit der Unterlage vor sich gehen. Die dislocirte Schichte war vor dem Eintritte jenes Ereignisses vorhanden, dessen Natur wir prüfen wollen; die transgredirende Schichte hat sich darnach oder während desselben gebildet. Die Dislocationen hat man durch die Erforschung des Gefüges der grossen Gebirgszüge in neuerer Zeit mit immer grösserem Verständnisse für die Ursachen zu verfolgen gewusst; in Betreff der Transgressionen schwankt das Urtheil zwischen widersprechenden Annahmen.

Dass die Dislocationen aus wahren Bewegungen, d. i. aus gegenseitigen Ortsveränderungen einzelner Theile des Planeten hervorgegangen sind, bedarf keiner Erläuterung; das Wort selbst drückt es aus. Es gilt dasselbe nicht von den Transgressionen; auch ist dieses Wort gar nicht in gleichem Sinne gewählt.

Seit langer Zeit und unter verschiedenen Gestalten ist die Ansicht hervorgetreten, dass neben den Bewegungen der Erdrinde auch Formveränderungen der Meeresoberfläche vor sich gehen. Die ausserordentliche Ausdehnung einzelner Transgressionen führt zu

dieser Ansicht zurück. Nur eine genaue Betrachtung der jüngsten Vorgänge, insbesondere des Auftretens verlassener Strandlinien über dem heutigen Strande, kann hier zu bestimmteren Ansichten führen. Aber schon die erste Betrachtung solcher Strandlinien lehrt ihre unbedingteste und vollständigste Unabhängigkeit von dem geologischen Baue der Küste. Man trifft an den italienischen Küsten die Linien einstiger Meeresniveaux in ungestörter Horizontalität an den verschiedenen, zum Meere vortretenden Bruchstücken der Apenninen, da auf Kalkstein, dort auf den alten Felsarten Calabrien's, dort endlich an dem Aschenkegel des Aetna. Diese gänzliche Unabhängigkeit der alten Strandlinien von der Beschaffenheit der Gebirge ist an hunderten von Beispielen erweisbar. Nun lässt sich aber die Voraussetzung einer so gleichmässigen Erhebung oder Senkung eines doch so vielgestaltigen und in so viele Fragmente zerbrochenen Festlandes ohne jede gegenseitige Verschiebung der Theile, wie sie zur Erklärung des horizontalen Verlaufes dieser Linien um die einzelnen Bruchstücke eines Gebirges erforderlich ist, gar nicht in Einklang bringen mit den heutigen Erfahrungen über den Bau der Gebirge selbst. Und so führt dieser Umstand ebenfalls zu der Annahme von selbständigen Bewegungen des Meeres, d. i. von Veränderungen der Gestalt der Hydrosphäre zurück. —

Es mag nun derselbe Beobachter, Wanderer und Zuhörer den Hörsaal verlassen und in unserer reichen Literatur Belehrung über das wahre Wesen einer geologischen Formation suchen. Würde er es der Mühe werth finden, auch das Buch aufzuschlagen, welches ich hiermit der Oeffentlichkeit übergebe, er würde die Beantwortung seiner Frage nicht in demselben finden. Diese Antwort ist die grosse Aufgabe der uns nachfolgenden Generation von Fachgenossen. Hier soll nur versucht werden, durch eine kritische Vereinigung von neuen Erfahrungen manchen alten Irrthum zu beseitigen und eine vorurtheilsfreie Ueberschau vorzubereiten.

Zu diesem Ende ist dasselbe in vier Theile geschieden.

Der erste Theil handelt von den Bewegungen in dem äusseren Felsgerüste der Erde. Er zerfällt in mehrere von einander ziemlich selbständige Studien. Die erste bespricht das grösste Naturereigniss, von welchem Berichte vorhanden sind, nämlich

die Sintfluth. Es ergibt sich hierbei die Gelegenheit, eine Reihe von Vorkommnissen zu vergleichen, welche den Mündungsgebieten grosser Ströme eigen sind, und durch deren Verkennung die falsche Beurtheilung z. B. der Erscheinungen des Ran of Kachh herbeigeführt worden ist. Der folgende Abschnitt betrifft einzelne Schüttergebiete, nämlich die Ostalpen, das südliche Italien und das Festland von Centralamerika; dann wird die Frage geprüft, ob bei den chilenischen Erderschütterungen wirklich dauernde Erhebung des Bodens eingetreten ist. Hierauf folgt der Versuch einer Uebersicht der verschiedenen Arten von Dislocationen, dann ein Abschnitt über Vulcane, endlich eine kurze Erörterung der Frage, welche Beziehungen zwischen den fühlbaren Bewegungen der Erde und den Dislocationen bestehen mögen.

Der zweite Theil bespricht den Bau und den Verlauf einer Anzahl grosser Gebirge. Er beginnt mit dem nördlichen Vorlande der Karpathen; dann fogt das nördliche Vorland der Alpen und eine längere Reihe von Einzelschilderungen aus allen Welttheilen. An diese lediglich beschreibenden Abschnitte schliesst sich ein Ueberblick der Structur der Oberfläche unseres Erdballes und die nähere Erläuterung der Verschiedenheit, welche zwischen dem pacifischen und dem atlantischen Becken besteht.

Der dritte Theil erörtert die Veränderungen der Oberflächengestalt des Meeres. Zuerst wird eine Uebersicht der Schwankungen der Ansichten über diesen Gegenstand gegeben. Es wird hierauf zur Erlangung einer neutralen Ausdrucksweise vorgeschlagen, von positiven und von negativen Verschiebungen der Strandlinie zu sprechen, und werden in einer Reihe beschreibender Abschnitte die Spuren dieser Verschiebungen rings um die Festländer und die oceanischen Inseln verfolgt. Den Schluss bildet eine Uebersicht und Discussion dieser Beobachtungen.

Der vierte Theil führt die Aufschrift: das Antlitz der Erde. Er fasst den Inhalt der vorhergehenden Theile zusammen, und er vergleicht die aus denselben erkennbaren Veränderungen mit dem allgemeinen Charakter jener Veränderungen, welche seit dem Beginne der Tertiärzeit in den Landfaunen der nördlichen Hemisphäre eingetreten sind.

Anmerkungen zur Einleitung.

1 Will. Carpenter, Land and Sea, considered in relation to geolog. Time; Vortrag im Roy. Instit. of Gr. Brit., Jan. 23d, 1880, p. 4.

2 O. Krümmel, Versuch einer vergl. Morphologie der Meeresräume, 8°, Leipzig 1879, S. 102, 106, 107.

3 Fischer, Untersuchungen über die Gestalt der Erde, 8°, 1868; Hann, Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeresniveau's; Mitth. Geogr. Ges. Wien, 1875, VIII, S. 554—569.

4 Listing hat eine grössere Anzahl von Werthen für die Attraction zu ermitteln gesucht und fand: London 118 M., Paris 268 M., Insel Marañon (n. brasil. Küste) 567 M., Bonin-Insel — 1309 M., St. Helena — 847 M., Spitzbergen — 217 M., Berlin 37·7 M., Königsberg 92·6 M.; vgl. Listing, Neue geometr. und dynam. Constanten des Erdkörpers, Nachrichten d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, 1877, S. 749—815.

5 L. Agassiz, Rep. upon Deep-Sea Dredgings; Bull. comp. Zool. Harvard Coll., Cambridge Mass., 3d ser., 1869, p. 368; Dana, Am. Journ. Sc. Arts, 1873, 3 sér. VI; p. 169; Geikie, On Geographical Evolution; Proc. Roy. Geogr. Soc., 1879, new ser. I, p. 422—443.

6 Murray, On the Distribution of volcanic debris over the floor of the Ocean; Proc. Roy. Soc. Edinb., 1877, IX, p. 247—261 u. a. a. O.

7 Ch. A. Ashburton, A measured section of the Palaeoz. Rocks of Centr. Pennsylvania; Proc. Am. Philos. Soc. Philadelphia, 1877, XVI, p. 519—560.

8 Judd, The Secondary Rocks of Scotland, I; Quart. Journ. geol. Soc. 1873, XXIX, p. 130 und pl. VII, Karte des Moray Firth.

9 Dieulafait, Comptes rend., 1879, t. 88, p. 351.

10 H. D. Rogers, The Geol. of Pennsylvania, 4°, Philad., 1858, vol. IIb, p. 897.

11 Dana, Manual of Geol., 3d ed., p. 399.

12 Clar. King, U. St. Explor. Exped. of the 40. Parall., 4°, 1878, I, p. 44; Emmons, ebend. II, p. 340.

13 J. W. Powell, Report on the Geol. of the Eastern Portion of the Uinta Mount., 4°, 1876, p. 175, Atl. pl. III.

14 A. Dumont, Note sur l'Emploi des Caractères géométriques résult. des mouvements lents du sol, pour établir le synchronisme de formations géologiques; Bull. Acad. Roy. Belg., 1852, XIX b, p. 514—518.

15 Barrande, Observations sur les Rapports de la Stratigraphie et de la Paléontologie; Bull. de la Soc. géol., 1854, 2e sér., XI, p. 311—326.

16 d'Archiac, Histoire des Progrès de la Géologie, 1857, VII, terr. jurass., p. 599: ‚l'innocuité complète, si l'on peut s'exprimer ainsi . . .'

17 Hebert. Observations sur les phénomènes qui se sont passés à la séparation des périodes géologiques; Bull. de la Soc. géol., 1859. 2e sér., XVI, p. 596—605.

18 Edw. Forbes. On the Connexion between the Distribution of the existing fauna and flora of the British Isles and the geol. changes etc.; Mem. Geol. Surv. Off. I. p. 340.

19 Beyrich, Ueb. d. Zusammenhang d. norddeutsch. Tertiärbildungen; Abh. K. Akad. Wiss. Berlin, 1855, S. 1—20, und Karte.

20 Brocchi, Riflessioni sul perdimento delle specie; Conchol. foss. subapp., 1814, I, p. 219—240; vgl. auch H. v. Meyer, Act. Ac. Leop.-Carol., XVI, 2, S. 474; Zur Fauna von Oeningen, S. 48; Ch. Darwin, A Journal of Researches, p. 212; Rich. Owen, Brit. fossil. Mammal., p. 270; Barrande, Parall. entre les dépôts silur. de Bohême et de Scand., p. 54.

21 Darwin, On the Origin of Species, Chapt. IX: On the Imperfection of Geological Record; Chapt. XII: Geographical Distribution, am Schlusse.

22 Aristot., Meteor. XII.

23 Neumayr, Ueber unvermittelt auftretende Cephalopodentypen im Jura Mittel-Europa's; Jahrb. d. geol. Reichsanst., 1878, XXVIII, S. 37—80.

24 Die Entstehung der Alpen, 8°, 1875, S. 115—120.

25 E. Mojsisovics v. Mojsvár, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien 8°, 1879, S. 9.

26 Dawson, Acadian Geology, 8°, 1868, p. 137.

27 Newberry, On Circles of Deposition in Secondary sedimentary Rocks, American and Foreign; Proc. Lyceum Nat. hist. New-York, 2d ser., no 4, 16th March 1874, p. 122—124.

28 H. O. Lang, Ueber Sedimentärgesteine aus der Umgebung von Göttingen; Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 1881, XXXIII, S. 273, Anm.: ‚Der Ausdruck Schichtung wird . . . für eine Erklärung gebraucht, welche man als Ausfluss einer Periodicität in den Bildungsverhältnissen betrachtet.'

ERSTER THEIL.

DIE BEWEGUNGEN IN DEM ÄUSSEREN FELSGERÜSTE DER ERDE.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Sintfluth.

Meeresfluthen. — Zwei Berichte in der biblischen Darstellung vereint. — Berosus. — Das Izdubar-Epos. — Oertlichkeit. — Verwendung von Asphalt. — Warnungen. — Die Kata trophe. — Strandung. — Abschluss des Ereignisses. — Neuere Vorgänge an ostindischen Flüssen. — Indus. — Ran of Kachh. — Ganges und Brahmaputra. Wirbelstürme. — Wesen und Verbreitung der Sintfluth. — Eintheilung der Berichte. — Berosus und Izdubar-Epos. — Biblische Berichte. — Aegypten. — Hellenisch-syrische Gruppe. — Indien. — China. — Schluss.

Charles Lyell hat, wie Niemand vor ihm, gezeigt, auf welche Weise in der Natur durch kleine Kräfte grosse Wirkungen erzielt werden. Aber der Maassstab für Klein und Gross, sowie für die Dauer und die Heftigkeit einer Naturerscheinung wird, wie Ernst v. Baer in tief durchdachten Worten gelehrt hat, in gar vielen Fällen aus der physischen Organisation des Menschen genommen. Das Jahr ist ein Zeitmaass, welches das Planetensystem uns darbietet; sprechen wir von einem Jahrtausend, so haben wir das Decimalsystem und damit den Bau unserer Extremitäten eingeführt. Berge messen wir oft noch nach Fussen; lange und kurze Zeiträume unterscheiden wir nach der mittleren Lebensdauer des Menschen und folglich nach der Gebrechlichkeit unseres Körpers, und für die Bezeichnungen ‚heftig‘ oder ‚minder heftig‘ entnehmen wir in gleicher Weise unbewusst das Maass dem Kreise der persönlichen Erlebnisse.

So haftet das Urtheil an dem physischen Leibe und liebt zu vergessen, dass der Planet wohl von dem Menschen bemessen werden mag, aber nicht nach dem Menschen. Indem man sich der Bewunderung des Korallenthierchens hingab, welches das Riff thürmt, und der Betrachtung des Regentropfens, welcher den Stein

höhlt, hat sich, fürchte ich, aus der friedlichen Alltäglichkeit des bürgerlichen Lebens ein gewisser geologischer Quietismus herübergeschmeichelt in die Beurtheilung der grössten Fragen der Erdgeschichte, welcher nicht zu der vollen Beherrschung jener Erscheinungen führt, die für das heutige Antlitz der Erde die maassgebendsten waren und sind.

Die Zuckungen, von welchen weit häufiger, als man noch vor kurzer Zeit annahm, einzelne Stücke des äusseren Felsgerüstes der Erde ergriffen werden, mahnen deutlich genug, wie einseitig eine solche Anschauung der Dinge ist. Die heutigen Erdbeben sind gewiss nur gar schwache Erinnerungen an jene tellurischen Bewegungen, von welchen der Bau fast jedes Gebirgszuges Kenntniss gibt. Es sind zahlreiche Beispiele des Gefüges grosser Gebirgsketten bekannt, welche innerhalb der Stetigkeit der grossen Vorgänge einzelne Episoden als möglich, in gewissen Fällen sogar als wahrscheinlich erscheinen lassen, von so unsagbar erschütternder Gewalt, dass die Einbildungskraft sich sträubt, dem führenden Verstande nachzufolgen und das Bild auszugestalten, für welches aus beobachteten Thatsachen dieser die Umrisse setzt.

Solche Katastrophen hat, so weit geschriebene Berichte reichen, unser Geschlecht nicht erlebt. Das gewaltigste Naturereigniss, von welchem menschliche Erinnerungen erzählen, trägt den Namen der Sintfluth, und es soll der Versuch unternommen werden, die physische Grundlage der alten Berichte aufzusuchen. Dieser Versuch soll unternommen werden auf Grund der keilschriftlichen Texte, und ich habe bei demselben eine sehr wesentliche Unterstützung in der freundlichen Beihilfe des ausgezeichneten Kenners dieser Denkmale uralter Cultur, Dr. Paul Haupt in Göttingen, gefunden, welcher mir über viele dunkle Punkte in den alten Texten Aufschluss gegeben und von einzelnen wichtigen Stellen gütigst eine geänderte Uebertragung mitgetheilt hat.

In den Sagen und in den heiligen Büchern des Alterthums finden sich zahlreiche Berichte von grossen Naturereignissen. In den Ueberlieferungen des europäischen Nordens überwiegen solche Mittheilungen, welche sich auf vulcanische Ausbrüche beziehen. Ausserordentlich verbreitet in der alten wie in der neuen Welt sind die Nachrichten von verheerenden Fluthen.

Es muss nun schon vom Beginne festgehalten werden, dass an so grossen Fluthen die atmosphärischen Niederschläge nur einen untergeordneten Theil haben können. Sie können ihrer ganzen Entstehungsweise nach ein gewisses Maass nicht überschreiten; sie bleiben in ihren heftigsten Formen räumlich beschränkt, und sie fliessen ab, indem sie dem Gefälle der Thäler folgen. Ausserordentlich viel gewaltiger sind die Fluthen, welche von Wirbelstürmen, und die ausgedehntesten sind jene, welche von Erdbeben verursacht werden.

Als am 1. November 1755 Lissabon von einem gewaltigen Erdstosse getroffen wurde, da trug der Atlantische Ocean die erregte Brandung bis an die Antillen. Als am 23. December 1854 Simoda in Japan durch ein Erdbeben verheert wurde, schlugen die erhobenen Wellen des nördlichen pacifischen Oceans an die californische Küste.[1] Als am 13. August 1868 ein mächtiger Schlag bei Arica an der peruanischen Küste erfolgte, konnte aus weither gesammelten Nachrichten Hochstetter uns zeigen, wie die Erregung des Meeres hinspülte nach Nord und nach Süd längs der Westküste Amerika's, wie die Wogen an den Sandwich-Inseln sich erhoben in tagelanger Unruhe, wie sie die Samoa-Inseln trafen, die australische Ostküste, Neuseeland und die Chatham-Inseln.[2] Die französische Fregatte ‚Nereïde' aber begegnete damals, gegen Cap Horn reisend, im 51. Breitegrade grossen Schaaren frisch gebrochener zackiger Eisberge, welche die mächtige Fluth, unter das antarktische Eis dringend, losgebrochen hatte.[3] Auch bei dem Erdbeben von Iquique in Peru am 9. Mai 1877 wogte, wie Eugen Geinitz gezeigt hat, das pacifische Meer auf von Japan bis zu den Chatham-Inseln.[4]

Und wehe dem Landstriche, welcher in der Nähe des Stosses von solcher Fluth getroffen wird! So war es am 28. October 1746 zu Callao in Peru. Ein Beobachter, welcher kurz darauf den Ort besuchte, schreibt: ‚Nicht das geringste Zeichen seiner früheren Gestalt ist geblieben. Im Gegentheile bezeichnen viele Haufen von Sand und Geschiebe die Stelle der einstigen Lage; es ist ein geräumiger Strand geworden, welcher sich längs der Küste hinstreckt. In der That widerstanden einige Thürme durch die Stärke ihrer Mauern eine Zeit hindurch der ganzen Kraft des Erdbebens

und der Macht der Stösse; aber kaum hatten die armen Einwohner begonnen, sich von dem Grauen des ersten Schreckens zu erholen, als plötzlich die See begann anzuschwellen, und die Anschwellung stieg in so erstaunlichem Maasse und mit so gewaltigem Drucke, dass das Wasser, von der erreichten Höhe herabstürzend, — obwohl Callao auf einer Höhe stand, welche, unmerklich zunehmend, sich bis Lima erstreckt, — mit Wuth vorwärts drang und weit über seine Ufer hinaus Alles mit ungeheurer Fluth bedeckte, den grössten Theil der Schiffe zerschellte, welche im Hafen vor Anker gelegen waren, die übrigen über die Höhe der Mauern und Thürme erhob, sie vorwärts trieb und weit jenseits der Stadt im Trockenen zurückliess. Zur selben Zeit riss die Fluth von Grund aus Alles auf, was sie an Häusern und Bauwerken bedeckte . . .[5]

Von fünftausend Einwohnern haben etwa zweihundert diese Stunde überlebt.

Aehnliches hat sich zu wiederholten Malen ereignet. Das Meer zieht sich weit zurück, erhebt sich in langem, gewaltigem Rücken und stürzt dann verheerend über das Land; die Flüsse stauen zurück; die Städte werden verwüstet. Das Maass des Unheils hängt zum grossen Theile von dem Umrisse der Küste und der Höhe des Landes ab. In Südamerika sind solche Fluthen in neuerer Zeit besonders auffallend gewesen, und Lyell hat wohl mit Recht schon vor Jahren die Fluthsagen der araucanischen Indianer hieraus zu erklären versucht.[6] Die Bewohner der Fidji-Inseln berichten von einer grossen Fluth, nach welcher man durch viele Jahre Fahrzeuge bereit hielt, um sich im Falle einer Wiederholung des Ereignisses zu retten, und Lenormant macht in seiner trefflichen Uebersicht der Fluthsagen aufmerksam, um wie viel mehr diese Bemerkung auf eine Hochfluth des Meeres, als auf eine allgemeine Ueberschwemmung des Erdball's hinweist.[7] Es ist aber, meine ich, nach den im Laufe der letzten Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen über seismische Hochfluthen sehr begreiflich, dass auf den entferntesten Inseln die Berichte von grossen Fluthen getroffen werden. In einzelnen dieser Ueberlieferungen wird sogar ausdrücklich gesagt, dass das Meer die Fluth erzeugt habe. Solche seismische Fluthen sind nur auf Inseln, in flach gelegenen Küstenstrecken und in dem tieferen Theile grosser

Flussthäler nach dem bisherigen Stande der Erfahrung vorauszusetzen.

Die gangbare Auffassung des biblischen Tex es bot daher jeder physischen Erklärung Schwierigkeiten. Man mochte nicht zugestehen, dass eine seismische Woge das Fahrzeug Noah's bis auf die Höhe des Ararat getragen habe, und auch durch meteorische Niederschläge konnte das Ereigniss nicht erklärt werden.

Die biblische Darstellung besteht aus zwei von verschiedenen Berichterstattern verfassten Aufschreibungen, welche, unter mehrfachen Wiederholungen und mit untergeordneten Abweichungen von einander, auf eine Weise vereinigt sind, welche ihre Trennung nicht schwer macht. Sie unterscheiden sich in auffallender Weise dadurch, dass der eine Berichterstatter für die Gottheit den Namen Jahveh, der andere die Pluralform Elohîm anwendet, sowie durch die Art der Darstellung selbst. Aber die Trennung beider Berichte fördert nicht wesentlich die Erkenntniss der damaligen Vorgänge in der Natur, und wenn auch versucht worden ist, durch scharfsinnige Exegese zu zeigen, dass unter den Worten Genesis, VIII, 4 ‚die Berge des Ararat' nicht der heutige Berg dieses Namens, sondern die Berge einer Landschaft zu verstehen seien, über deren Lage Sicheres nicht vorliegt, so ist auch hiedurch noch kein wesentlicher Erfolg erzielt.

A. Das Izdubar-Epos.

Aus den erhaltenen Bruchstücken der Schriften des Berosus, eines babylonischen Priesters, welcher um 330 bis 260 v. Chr. lebte, weiss man seit längerer Zeit, dass in den Niederungen des Euphrat die Ueberlieferung von einer grossen Fluth bestand, welche in mehreren Zügen auffallend mit der biblischen Erzählung übereinstimmte.

Diese grosse Fluth ereignete sich nach Berosus, welcher sich auf die heiligen Schriften beruft, unter der Regierung des Xisuthros, Sohn des Otiartes. Kronos verkündet dem Xisuthros im Traume, dass am 15. des Monates Daisios alle Menschen durch eine Fluth zu Grunde gehen würden. Er befiehlt ihm, die Schriften zu vergraben zu Sippara, der Stadt der Sonne, dann ein Fahrzeug zu bauen, dasselbe mit Nahrungsmitteln zu versehen, dann

es mit seiner Familie und seinen Freunden zu besteigen, auch vierfüssige und fliegende Thiere mitzunehmen. Xisuthros befolgt die Gebote; die Fluth tritt ein und bedeckt das Land; sie nimmt wieder ab; er lässt Vögel fliegen, um sich von dem Zustande der Dinge zu unterrichten, verlässt endlich das Fahrzeug und bereitet mit seiner Familie den Göttern ein Opfer. Xisuthros wird nun zum Lohne für seine Frömmigkeit erhoben, um unter den Göttern zu wohnen; ebenso seine Frau, seine Tochter und der Steuermann.

Dies ist der wesentliche Inhalt des Berichtes des Berosus, wie er von Alexander Polyhistor überliefert wurde. ‚Von dem Schiffe des Xisuthros,' so schliesst derselbe, ‚welches endlich in Armenien stehen geblieben war, besteht noch ein Theil in den kordyäischen Bergen von Armenien, und die Leute scharren das Erdpech ab, mit welchem es aussen bekleidet war, und benützen dasselbe als Amulet gegen Krankheiten. Und als die Anderen zurückgekehrt waren nach Babylon und die Schriften zu Sippara wieder gefunden hatten, erbauten sie Städte und errichteten Tempel, und so wurde Babylon wieder bevölkert.'[8]

Eine Reihe der wunderbarsten Entdeckungen hat nun in den letzten Jahren einen guten Theil der alten Literatur der Euphratniederung in einem alle Hoffnungen weit übersteigenden Maasse erschlossen, und es ist hiebei auch eine neue und ausführliche Darstellung der Sintfluth entdeckt worden.

Durch den von verdientem Glücke begleiteten Eifer englischer Forscher, wie Layard, Loftus, G. Smith und vor Allen durch Hormuzd Rassam sind in tausenden von mit Keilschrift bedeckten Thonscherben die Reste der königlichen Bibliothek von Ninive aus dem Trümmerhaufen von Kujundjik zu Tage gefördert und der wissenschaftlichen Welt wiedergegeben worden. Die Schriften sind nicht nur religiösen Inhaltes, sondern umfassen die verschiedensten Zweige menschlichen Wissens. Der grösste Theil der uns erhaltenen Exemplare dieser uralten Werke wurde in der Regierungszeit Asûrbânipal's (670 v. Chr.) von den in den Bibliotheken von Babylon, Kutha, Akkad, Ur, Erech, Larsa, Nipur und anderen Städten aufbewahrten Originalen copirt; dies ist insbesondere auch der Fall mit den hier zu besprechenden Tafeln.

Der Bericht über die Sintfluth ist bemerkenswerther Weise nicht in jenen Tafeln enthalten, welche von der Entstehung der Welt, dem Sündenfall der Menschen und dem Kampfe des Guten gegen das Böse handeln. Er bildet eine Episode in einem grossen Epos, welches die Thaten des Helden Izdubar meldet. Man kennt verschiedene Copien dieses Epos; sie wurden auf Befehl Asûrbânîpal's von einem weit älteren, wahrscheinlich mehr als zwei Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung niedergesetzten Texte genommen, welcher damals in der Priesterbibliothek zu Erech aufbewahrt wurde. Mit Recht wird dasselbe von G. Smith als ein grosses nationales Werk bezeichnet. Es besteht aus zwölf Gesängen, welche Rawlinson nach einzelnen hervortretenden Theilen des Inhaltes in geistreicher Weise mit den zwölf Zeichen des Zodiacus verglichen hat. Der Lebenslauf des Helden Izdubar, wahrscheinlich übereinstimmend mit dem biblischen Nimrod, wird nun in diesen zwölf Gesängen auf unzweifelhaft historischer Grundlage vorgeführt und erhält durch die Vergleichung mit den Zeichen des Thierkreises eine allegorische Aehnlichkeit mit dem Laufe der Sonne. Der eilfte Gesang, der Reihe des Zodiacus nach dem Zeichen des Wassermannes entsprechend, enthält den Bericht über die Sintfluth.

Izdubar hat seinen Freund Êabânî verloren, ist krank und wandert nun weiter hinab an die Mündung der Ströme zu seinem Ahnen Ḫasîs-Adra, welcher, aus der Sintfluth errettet, von den Göttern dahin versetzt wurde, um, niemals alternd, dort ein unsterbliches Leben zu führen. Izdubar findet seinen Ahnen, befrägt ihn um seine wunderbaren Erlebnisse, und dieser erzählt

Ḫasîs-Adra's Erzählung liegt in mehreren Uebersetzungen vor; ich nenne jene von G. Smith,[9] hiezu die Bemerkungen von Fox Talbot,[10] dann jene von J. Oppert, F. Lenormant[11] und Paul Haupt.[12]

Dem Nachfolgenden ist Haupt's letzte Uebersetzung zu Grunde gelegt, welche ergänzt ist durch manche gütige Mittheilung. Für den leider sehr unvollständigen Theil Col. II, Z. 1—24, welcher von Haupt nicht wiedergegeben ist, habe ich Lenormant benützt.

Indem ich nun für den ausführlichen Text, so weit er hier nicht wörtlich anzuführen sein wird, auf die Schriften der genannten

Forscher verweise, beschränke ich mich auf die folgende Inhaltsangabe von Ḫasîs-Adra's Bericht:

Col. I, 8—10. Einleitende Ansprache an Izdubar.

11—17, a. Die grossen Götter beschliessen die Anrichtung der Sintfluth in der uralten Stadt Surippak am Euphrat.

17, b—19. Der Gott Êa, der Herr der unerforschlichen Weisheit, der Gott des Meeres, war im Rathe der Götter und theilt Ḫ.-Adra den Beschluss derselben mit.

20—27. Êa's Warnung und Auftrag, ein Schiff zu bauen auf trockenem Lande.

28—31. Ḫ.-Adra sucht zu widersprechen, fürchtet den Spott des Volkes und der Aeltesten.

32—45. Êa's neuerliche und ausführliche Weisung, Vorhersage der Fluth, Auftrag Korn mitzunehmen, Hab und Gut, Familie, Knechte und Mägde, Verwandte, Vieh und Wild.

46—52. Ḫ.-Adra sagt zu, obwohl noch Niemand in dieser Weise ein Schiff gebaut (hier leider viele Lücken).

Col. II, 1—24. (Leider höchst unvollständig.) Bezieht sich nach den vorhandenen Resten auf den Bau und die Ausrüstung des Fahrzeuges.

25—29. Ḫ.-Adra bringt alle Habe an Silber und Gold zusammen und allen lebendigen Samen, den er hatte; das Gesinde, das Vieh und das Wild, auch alle Verwandten lässt er einsteigen.

30—36. Letzte Warnung durch eine Stimme(?); Ḫ.-Adra's Furcht.

37—39. Er besteigt das Schiff, schliesst es ab und übergibt den grossen Bau sammt seiner Ladung dem Steuermanne Buzurkurgal.

40—50. Schilderung des Naturereignisses.

Col. III, 1—3. Fortsetzung der Schilderung (unvollständig).

4. Es sieht der Bruder nicht mehr nach dem Bruder. Das von Fox Talbot, Trans. Bibl. Arch. Soc. IV, 129, mitgetheilte Bruchstück, welches den Schrecken und die Flucht der Menschen und Thiere beschreibt, gehört nicht dem Sintfluthberichte an.)

5—7. Furcht der Götter selbst; sie flüchten empor zum Himmel des Gottes Anu.

8—18. Laute Klage der Göttin Istar über den Untergang der Menschen; Klage der Götter über die Wassergeister der Tiefe.

19—23. Dauer von Sturm und Fluth; Abnahme.

24—30. Ḫ.-Adra durchschifft die Fluth; Leichname treiben umher; erster Ausblick; er bricht in Thränen aus.

31. Erstes Erscheinen von Land.

32—36. Strandung an (dem oder) einem Berge des Landes Nizir und sechstägiger Aufenthalt.

37—44. H.-Adra lässt eine Taube (?) heraus, dann eine Schwalbe, dann einen Raben.

45—48. Er verlässt mit allen Begleitern das Fahrzeug und bereitet ein Opfer.

49—50. Die Götter kommen herbei.

51—53. Istar hebt in die Höhe die grossen Bogen (?) und schwört nicht zu vergessen

Col. IV, 1—5. diese Tage. Alle Götter mögen herankommen, nur Bêl nicht, welcher die Fluth angerichtet.

6—9. Bêls Zorn über Ḫ.-Adra's Errettung.

9—11. Der Gott Adar weist auf Êa.

12—22. Êa's Rechtfertigung. Der Schuldlose soll nicht mit dem Schuldigen leiden. Reissende Thiere, Hunger und Pest mögen den Menschen heimsuchen, aber keine Sintfluth mehr.

23—30. Der beruhigte Bêl steigt in das Innere des Fahrzeuges, legt Ḫ.-Adra's Hand in die seines Weibes, hebt beide zu den Göttern und versetzt sie an die Mündung der Ströme.

1. Der Ausgangspunkt. Aus den einleitenden Bemerkungen hat sich ergeben, von wie maassgebender Bedeutung für die Beurtheilung dieses grossen Naturereignisses die Frage ist, ob der Schauplatz ein Flachland, etwa der tiefere Theil eines grossen Stromthales, oder ein Hochland war.

Der eilfte Gesang des Izdubar-Epos nennt mit Bestimmtheit zwei Orte, nämlich die Stadt Surippak als den Wohnort Ḫasîs-

Adra's und den Berg des Landes Nizir als den Ort der Strandung. Den Ausgangspunkt haben wir nun näher zu betrachten.

Die erste Stelle lautet:

Col. I. 11. *Die Stadt Surippak, die Stadt, welche, wie du weisst, (am Ufer) des Euphrat liegt,*
12. *diese (Stadt) war (schon) uralt, als die Götter darin*
13. *(zur) Anrichtung einer Sintfluth ihr Herz antrieb; . . .*

Dass in dieser Stadt Surippak eine Bevölkerung lebte, welche im Schiffbau wohlerfahren war, geht aus dem weiteren Inhalte dieses Gesanges und insbesondere aus der Furcht Ḫasîs-Adra's vor dem Spotte derselben hervor. Alle Autoren verlegen diese Stadt an den unteren Theil des Stromes. Rawlinson sucht ihre Lage beiläufig in der Nähe des heutigen Howeiza und bezeichnet sie nur insoferne als eine Stadt des Inlandes, als man noch niemals eine Stadt an die Seeküste in unmittelbarer Nähe eines grossen Stromes wie der Euphrat gebaut habe, aus dem Grunde, weil dort die Schiffahrt durch die Verlandung gefährdet wäre.[13]

Unter der damaligen Meeresküste ist jedoch allerdings kaum die heutige zu verstehen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass ein beträchtlicher Theil des Tieflandes in der Nähe der heutigen Mündungen erst in den letzten Jahrtausenden gebildet worden ist. Schon Plinius sagte (VI, cap. 26), dass kaum an irgend einer anderen Stelle die Bildung von Land durch einen Strom so rasch vorschreite. Beke hat bereits vor vielen Jahren versucht, aus Arrian's Nachrichten von der Reise des Nearchus und aus den Angaben des Plinius über die Lage von Charax das Maass des Vorschreitens der Küste zu ermitteln.[14] Loftus, Rawlinson und alle neueren Schilderungen stimmen in diesem Punkte überein, und es mag nach Loftus' Schilderung nur zweifelhaft bleiben, ob lediglich die schlammigen Absätze des Flusswassers das neue Land erzeugt haben, oder ob nicht auch ein geringer Rückzug des Meeres selbst hiezu beigetragen hat. Nach den Angaben dieses zuverlässigen Beobachters hat nämlich, wie junge Meeresbildungen im Lande zeigen, in verhältnissmässig später Zeit der Ufersaum des persischen Golfes gewiss um 400 Km. weiter gegen NW. gereicht als die heutige Mündung des Schatt-el-Aráb, und um

240 Km. weiter landeinwärts als die Vereinigung von Euphrat und Tigris bei Korna.[15]

Jedenfalls ist die landbildende Thätigkeit der beiden grossen Ströme eine sehr beträchtliche, und ihr Gefälle ist in dem ganzen unteren Theile ein so ausserordentlich geringes, dass die Fluth am Tigris bis zu dem Dorfe Abdallah-ibn-Ali 280 Km. und am Euphrat in den Sümpfen von El-hammar 298 Km. vom Meere landeinwärts bemerkbar ist.[16]

Es hat Friedr. Delitzsch alle aus historischen Quellen sich ergebenden Nachweise für die Veränderung des Gebietes der Mündung gesammelt und sogar den Versuch einer Karte des ehemaligen Zustandes der Dinge entworfen.[17] Wenn hier aus dem Berichte über Sanherib's (705—681) Seeunternehmung gegen Elam gefolgert wird, dass zu jener Zeit der Euphrat eine selbständige Mündung besass, so scheint mir dies für den Tigris für eine allerdings noch ältere Zeit mit noch grösserer Bestimmtheit aus Inschriften hervorzugehen, welche G. Smith mitgetheilt hat, und nach welchen unter dem Könige Rim-sin ein Durchstich vom Tigris zum Meere, offenbar zur Erleichterung des Abflusses, hergestellt worden ist. Von Ḫammuragas (etwa um 1500), welcher nach Rim-sin die Herrschaft erlangte, besitzen wir ein ganzes Verzeichniss von grossen, am Tigris ausgeführten Wasserbauten; namentlich rühmen die Inschriften einen gewaltigen, nach grossen Ueberschwemmungen längs des Stromes erbauten Damm, welcher Kara-samas genannt wurde.[18] Solche Eindeichungen mussten aber die Verlandung des vorliegenden Meeresarmes noch beschleunigen. Hiezu kommt, dass, wie bereits Friedr. Delitzsch hervorgehoben hat, den Mündungen die Insel Dilmun vorlag. Aus all' diesen Gründen lässt sich heute ein genauerer Maassstab für das Anwachsen des Landes nicht gewinnen.

Wenn nun diese Angaben dahin führen möchten, eine gänzliche Trennung beider Flüsse zu jener Zeit anzunehmen, so wird doch mit vollem Rechte von F. Delitzsch erinnert an Ḫasîs-Adra's späteren Wohnort, an welchem ihn Izdubar aufsucht.

Col. IV, 30. *Da nahmen sie mich und in die Ferne, an die Mündung der Ströme versetzten sie mich.*

‚Die Mündung der Ströme' aber deutet sicherlich an, dass, wenn die Ströme noch getrennt waren, sie doch nicht weit von einander sich in's Meer ergossen.

Oberhalb dieses in Verlandung begriffenen Gebietes, am Euphrat, also an einer heute weit landeinwärts gelegenen Stelle des Flachlandes, lag die schon zur Zeit der Sintfluth uralte Stadt Surippak.

2. Die Verwendung von Asphalt. Hier, bei der Betrachtung der Oertlichkeit, ist ein positives Merkmal zu erwähnen, welches sich in der Erzählung Ḫasis-Adra's, in dem Bruchstücke des Berosus und in dem elohistischen Berichte der Genesis wiederholt, und welches, wie Ainsworth und Andere schon lange erkannt haben, auf ein bestimmtes Merkmal der geologischen Beschaffenheit des unteren Euphrat-Gebietes hinweist.[19] Es ist dies die, wie mir scheinen will, noch immer nicht mit dem verdienten Nachdrucke betonte Verwendung von Asphalt bei dem Baue des rettenden Fahrzeuges.

In dem leider nur mangelhaft erhaltenen ersten Theile von Col. II, in welchem die Erbauung des Schiffes und seine Eintheilung geschildert werden, lauten die Verse 9, 10, 11:

Col. II, 9. *Ich sahe Spalten und fügte das Fehlende hinzu*
10. *Drei Saren Erdpech goss ich über die Aussenseite*
11. *Drei Saren Erdpech goss ich über die Innenseite.*[20]

Berosus erzählt, dass das Erdpech noch in späten Zeiten von der Aussenseite des Fahrzeuges abgescharrt und als Heilmittel verwendet worden sei.

Gen. VI, 14 lautet: *Fac tibi arcam de lignis laevigatis: mansiunculas in arca facies, et bitumine linies intrinsecus, et extrinsecus.*[1] — [2]

Ein kleines Bruchstück einer Thontafel erzählt die Kindheit des grossen Königs Sargon I.; es beginnt:

Sargon der mächtige König, der König von Agade, bin ich. Meine Mutter war eine Prinzessin, meinen Vater habe ich nie gekannt. Der Bruder meines Vaters wohnte auf dem Berge der Stadt Azupiranu, welche an dem Ufer des Euphrates liegt. Meine Mutter die Prinzessin empfing mich; heimlich gebar sie mich. Sie setzte

mich in ein Körbchen von Binsen, mit Erdpech verschloss sie meine Thüre. Sie setzte mich in den Fluss, welcher mich nicht ertränkte.[22]

In ähnlicher Weise wird Exod. II, 3 gesagt, dass das Kästlein von Rohr, in welchem Moses ausgesetzt wurde, mit Erdpech verschlossen worden sei.

Die Niederung des Euphrat und des Tigris ist von asphaltreichen miocänen Höhen umgeben. Loftus hat eine Reihe von Asphaltvorkommnissen aufgezählt.

Setzen wir nun neben den Bericht von der Uebergiessung des Sintfluthschiffes mit Asphalt von aussen und von innen, wie sowohl Izdubar-Epos wie Genesis ausdrücklich sagen, eine Darstellung heutiger Gebräuche am Euphrat von dem unbefangenen Eisenbahn-Ingenieur Cernik, welcher zur Ermittlung einer Bahnlinie durch Mesopotamien vor einigen Jahren das Land bereist hat.

Cernik schreibt über den Transport der bei Hit am Euphrat gewonnenen Naphtha: ‚Man begnügt sich, ein rohes Korbgeflecht zu erzeugen, ohne Kiel und mit Tamariskenknüppeln als Rippen, die Zwischenräume mit Stroh und Rohrgeflecht ausgefüllt und der ganze Bau sodann über Gebühr, sowohl aussen als innen, mit einer Lage Asphalt verputzt. Nichtsdestoweniger besitzen diese Fahrzeuge ein bedeutendes relatives Tragvermögen . . .‘[23]

Es ist also in Hit am Euphrat zur raschen Herstellung wasserdichter und tragfähiger Fahrzeuge heute noch derselbe Vorgang in Gebrauch, welchen vor Jahrtausenden Ḫasîs-Adra befolgte.

Das Erdpech ist in uralter Zeit in diesem Landstriche in gar vielfältiger Weise verwendet worden. Bei dem Mangel an Bruchstein und Kalk führte man grosse Bauten aus Backstein auf und verwendete Erdpech als das Bindemittel.

So lautet die bekannte Stelle über den Thurmbau zu Babel Gen. XI, 3: *Dixitque alter ad proximum suum: Venite, faciamus lateres, et coquamus eos igni. Habueruntque lateres pro saxis et bitumen pro caemento.*

Herodot erzählt ausführlich, wie der Lehm aus dem die Stadt Babylon umgebenden Graben ausgehoben, in Ziegel geformt und gebrannt wurde, und wie dann aus diesen Ziegeln die Mauer erbaut und Asphalt statt Mörtel verwendet wurde. Der Asphalt aber

wurde von Is gebracht, einer Stadt am Euphrat, acht Tagereisen von Babylon. Dies ist das heutige Hit.[24]

Solches Mauerwerk wird aber unter den Trümmern da und dort reichlich angetroffen, und Cernik erzählt, dass heute in den asphaltreichen Gebieten ganze Blöcke dieses Stoffes bei Bauten verwendet werden.

Ebenso dürfte die Verwendung von Erdpech zur Herstellung brennender, vielleicht sogar explodirender Wurfgeschosse, welche in späteren Jahren durch ganz Asien in Uebung standen, bereits in den allerältesten Zeiten bekannt gewesen sein, bis zu welchen die keilinschriftlichen Berichte zurückreichen. Dies ergibt sich aus der Erzählung von dem Kampfe des Gottes Merodach mit dem Drachen Tiâmat, welche einen Theil der babylonischen Legende vom Sündenfalle zu bilden scheint, und noch deutlicher aus der biblischen Darstellung in der apokryphen Historie vom Drachen zu Babel, v. 26. Dies ist auch die Bedeutung der Donnerkeile, mit welchen Merodach im Kampfe mit dem Drachen in den Basreliefs abgebildet wird.[25]

Kehren wir jedoch zum Schiffbaue zurück.

So wie die Entwicklung der einzelnen Richtungen der Baukunst beeinflusst worden ist durch die Beschaffenheit der dem Künstler zur Verfügung stehenden Steingattungen, so sind auch durch die Besonderheiten der von der Natur zur Verfügung gestellten Hilfsmittel örtliche Eigenthümlichkeiten des Schiffbaues entstanden, welche sich unter Benützung der gleichen Hilfsmittel durch sehr lange Zeit erhalten haben. Es hat Lane Fox in einer lehrreichen Zusammenstellung gezeigt, wie sich langsam der Fortschritt von dem gehöhlten Baume zu dem gehefteten Fahrzeuge und von diesem zu der Anwendung von Stiften vollzogen hat, wie aber daneben örtliche Besonderheiten sich aus der ältesten Zeit erhalten haben. Ein Beispiel geben die Bewohner der Insel Ké, westlich von Neu-Guinea, welche wegen ihrer Fertigkeit im Schiffbaue grossen Ruf besitzen. Sie bauen ihre Fahrzeuge nach alter Weise, indem sie die Rippen anbinden, und erst wenn die so nach alter Sitte hergestellten Rippen unbrauchbar geworden sind, werden neue Rippen nach europäischem Gebrauche mit Nägeln befestigt. Der Bewohner der Samoa-, wie jener der Fidji-Inseln dichtet sein

Fahrzeug mit Harz vom Brodfrucht-Baume, jener der Kingsmill-Inseln mit Streifen von Pandanusblättern; in gewissen Theilen von Siam soll man dazu ein poröses Holz verwenden, welches im Wasser anschwillt.[26]

Am Euphrat verwendet man heute noch wie vor so langer Zeit das Erdpech. Aber neben diesen verpichten Fahrzeugen haben sich auf dem Euphrat selbst auch jene mit Luft gefüllten Schläuche und die von Schläuchen getragenen Flösse in Gebrauch erhalten, welche auf assyrischen Sculpturen dargestellt sind und welche Herodot I, 194 so ausführlich beschreibt. Diese Fahrzeuge konnten nach Herodot nur zur Thalfahrt benützt werden, und ihre hauptsächliche Fracht war Dattelwein. Schon im vorigen Jahrhundert wurde Renell durch die Uebereinstimmung dieser Schilderung mit den heutigen Fahrzeugen in Erstaunen versetzt.

Das Fahrzeug Ḫasîs-Adra's ist von schwarzer Farbe gewesen; es war wahrscheinlich geheftet; die reichliche Verwendung von Erdpech beim Schiffbaue ist eine im strengsten Sinne des Wortes vorsintfluthliche Sitte, die sich bis zum heutigen Tage erhalten hat.

3. Die Warnungen. Was uns über die physischen Vorgänge bei der Sintfluth mitgetheilt wird, kann in drei Gruppen gebracht werden, nämlich die Warnungen, das Ereigniss selbst und der Abschluss. Die Schwierigkeit einer schärferen Erfassung liegt hauptsächlich in der weitgehenden Personificirung aller Naturkräfte, doch ist diese, wie ich meine, nicht nach allen Richtungen unüberwindbar.

Alle Warnungen kommen, was wohl zu beachten ist, von Êa, dem weisen Gotte des Meeres und der Tiefe. Er sass mit zu Rathe, als die Götter die Anrichtung der Sintfluth beschlossen, und sagte seinem treuen Diener Ḫasîs-Adra das drohende Strafgericht voraus:

Col. I, 20. . . . *Höre . . . und merke auf . . .*
21. *Mann von Surippak, Sohn des Ubara-Tutu (Otiartes).*
22. *verlasse das Haus, baue ein Schiff; rette, was du von lebenden Wesen finden kannst;*
23. *sie wollen vernichten den Samen des Lebens; erhalte du am Leben*
24. *und bringe hinauf Samen des Lebens von jeglicher Art in das Innere des Schiffes.*[27]

Von welcher Art können diese Warnungen des Meeresgottes gewesen sein? Ich meine, es können dies nur kleinere, wahrscheinlich seismisch erregte Fluthen gewesen sein, ein sich wiederholendes Hinausspülen des Meeres über seine Ufer, welches zugleich den Euphrat staute und in der nicht weit vom Meere gelegenen Stadt Surippak Furcht erweckte und diese Vorsichtsmassregel veranlasste.

Die letzte Warnung, welche der Besteigung des Schiffes unmittelbar vorangeht, ist allerdings von etwas anderer Art:

Col. II, 30. *Als nun die Sonne die bestimmte Zeit machte,*
31. *da sprach eine Stimme(?): am Abend werden die Himmel Verderben regnen.*
33. *Die bestimmte Zeit ist herangekommen,*
34. *sprach die Stimme(?), am Abend werden die Himmel Verderben regnen.*

Auffallend ist, dass die sonst so allgemeine Personificirung der Naturkräfte hier nicht durchgeführt, sondern eine ‚Stimme' als redend eingeführt ist, als würde es sich um eine ganz ungewohnte Erscheinung, vielleicht um ein seismisches Dröhnen, einen Rombo, handeln. Weitere Vermuthungen müssen aber hier unterbleiben. Die vorstehenden Zeilen sind leider nur auf einem Exemplare der Sintfluth-Tafeln erhalten, und der Text ist an beiden Stellen, an welchen das hier durch ‚Stimme' übersetzte Wort *kukru* vorkommt, sehr verwischt. In anderen Texten aber wurde dieses Wort noch nicht angetroffen.

4. Die Katastrophe. Der wichtigste Theil der Schilderung betrifft das Ereigniss selbst; er fällt in den Schluss von Col. II und die leider sehr verstümmelten ersten Zeilen von Col. III, welche auch durch ein neuerdings gefundenes Bruchstück nur wenig vervollständigt worden sind. Nachdem dem Steuermanne Buzurkurgal das Schiff übergeben ist (II, 39), folgt ein Theilstrich; hierauf:

Col. II, 40. *Da erhob sich Mû-šêri-ina-namâri*
41. *vom Grunde des Himmels, schwarzes Gewölk,*
42. *in dessen Mitte Rammân seinen Donner krachen liess,*
43. *während Nebo und Sarru auf einander losgehen,*
44. *die ‚Thronträger' über Berg und Land schreiten.*

Col. II, 45. *Die Wirbelwinde(?) entfesselt der gewaltige Pestgott.*
46. *Adar lässt unaufhörlich die Canäle(?) überströmen,*
47. *die Anunnaki bringen Fluthen herauf,*
48. *die Erde machen sie erzittern durch ihre Macht,*
49. *Rammân's Wogenschwall steigt bis zum Himmel empor:*
50. *Alles Licht verfällt der (Finsterniss).*

Col. III, 1. *In einem Tage ... der Erde ver(wüsten) sie wie ...*
2. *rasend wehte (hanṭis iziqá-ma) ... Berg(?) ...*
3. *die ... führen sie herbei (zum) Kampfe gegen die Menschen.*
4. *Es sieht der Bruder nicht mehr nach dem Bruder, die Menschen kümmern sich nicht mehr um einander. Im Himmel*
5. *fürchten sich die Götter vor der Sintfluth und*
6. *suchen Zuflucht, steigen empor zum Himmel des Gottes Anu.*
7. *Wie ein Hund auf seinem Lager, kauern sich die Götter an dem Gitter des Himmels zusammen.*

Diese Verse lassen sich in folgende Gruppen theilen: a) Col. II, 40—45 betreffen Vorgänge in der Atmosphäre; b) 46—48 beziehen sich auf die Erde; c) 49, 50 beziehen sich auf beide; d) Col. III, 1—3 sind leider in ihrer heutigen Unvollständigkeit unverwendbar; e) 4—7 schildern den Eindruck auf Menschen und Götter. Aus der pragmatischen Anordnung des Stoffes ergibt sich zugleich die gewaltige und ergreifende Steigerung, welche von dem ersten Erscheinen einer Wolke am Horizont bis zu der Flucht der erschreckten Götter führt.

a) Die Atmosphäre. (Col. II, 40—45.) Delitzsch deutet den Ausdruck in Z. 40 mit: ‚Wasser der Morgenröthe bei Tagesanbruch.' Rammân ist der gewaltige Wettergott. Auf schweres Gewölk ist Gewitter gefolgt, dann Wirbelwind. Welche Naturerscheinung aber sind die über Berg und Land schreitenden ‚Thronträger'?

Werfen wir einen Blick auf das untere Mesopotamien. ‚So selten,' schreibt Schläfli, ‚eigentliche Stürme sind, um so häufiger erscheinen Wirbelwinde. Der Form nach die überraschendste Aehnlichkeit mit einer Wasserhose darbietend und nur scheinbar

in der weisslichen Färbung von ihr unterschieden, schwebt die Colonne aufgewirbelten Sandes und Staubes majestätisch und leicht die Wüste einher, sich mit ihrem oberen Theile in dem blauen, wolkenlosen Aether verlierend.... Ich erinnere mich, während meiner Fahrt von Mossul nach Bagdad Mitte Juni vorigen Jahres (1861?) in einem Moment eilf solcher Staubsäulen gezählt zu haben.'[28]

Diese Säulen schweben allerdings wie Stützen des Himmels dahin. Der staubtragende Sturm mag aber gar gewaltige Macht erreichen. Ein Beispiel trat in Bagdad am 20. Mai 1857 ein, als bei SW.-Wind zuerst die Sonne getrübt wurde und das Aussehen des Mondes annahm. Dann, um 5 Uhr Nachmittags, erschien, nach der Schilderung des Dr. Duthieul, eine dunkle Staubwolke; sie hüllt in einem Augenblicke die ganze Stadt ein und dringt in Höfe und Zimmer. In weniger als einer Viertelminute tritt man vom Tage in die finsterste Nacht. Die Wirkung war erschreckend; man konnte sich nicht mehr zurecht finden, nicht einmal in den Häusern. Diese Finsterniss, stärker als jene der finstersten Nächte, dauerte fünf Minuten. . . . Die erschreckten Einwohner glaubten, das Ende der Welt breche herein. In der That liess der Lärm der erhobenen Winde und das ganze Schauspiel selbst die ruhigsten Geister irgend ein grosses Kataklysma befürchten. Der Staub war ziegelroth. Der Sturm wurde in sehr entfernten Theilen des Landes verspürt. Schläfli nennt ihn eine Staubtrombe; Duthieul meint, dass dieser heftige Sturm nicht die Gestalt einer Trombe gehabt, sondern dass die Staubmasse weithin gleichmässig über das Land sich bewegt habe.[29]

b) Die Erde. (Col. II, 46—49.) Das Ueberströmen der Canäle ist eine Erscheinung, welche bei heftigeren Erschütterungen des Bodens selbstverständlich ist, hier aber durch Sturm und Rückstau vermehrt sein mag.

Von grosser Bedeutung scheint mir Z. 47. Die *Anunnaki* sind, wie namentlich Haupt gezeigt hat, die Geister der Tiefe, die Geister der grossen unterirdischen Wasser. Sie sind es, welche die Erde erschüttern und welche aus der Tiefe ‚Fluthen bringen'. Dieses Herauftreten von Wässern aus der Tiefe entspricht den oft genannten Stellen des elohistischen Berichtes Gen. VII, 11:

Rupti sunt omnes fontes abyssi magni et cataractae caeli apertae sunt (da aufbrachen alle Brunnen der Tiefe und thaten sich auf die Fenster des Himmels; Luth.) — und VIII, 2, nach dem Ereignisse: *Et clausi sunt fontes abyssi et prohibitae sunt pluviae de caelo (Und die Brunnen der Tiefe wurden verstopfet, und dem Regen vom Himmel ward gewehret; Luth.).*

Das Izdubar-Epos meldet also wirklich, dass Wasser aus der Tiefe gekommen sei, und in der biblischen Darstellung ist an zwei Orten das Wasser aus der Tiefe im Gegensatze zum Regen vom Himmel genannt. Dieses Hervortreten grosser Wassermengen aus der Tiefe ist aber ein Phänomen, welches in bezeichnender Weise die Erderschütterungen in den Alluvialgebieten grosser Flüsse begleitet. Es breitet sich in diesen grossen Flächen zu beiden Seiten des Stromes weithin das Grundwasser in den jungen Ablagerungen aus, und seine obere Grenze steigt allmälig gegen rechts und gegen links mit der Entfernung vom Strome mehr und mehr über den Stand des Mittelwassers. Was unter dieser Grenze liegt, ist durchfeuchtet und beweglich; der Boden über derselben ist trocken und brüchig. Treten nun seismische Undulationen in solches Gebiet, so bricht der spröde obere Theil des Bodens in langen Spalten auf, und aus den Brüchen tritt gewaltsam bald in grossen Massen, bald in vereinzelten, selbst mehrere Meter hohen Strahlen das Grundwasser rein oder als schlammige Masse hervor.

So ist es in kleinerem Maassstabe eingetreten, als am 9. November 1880 die Alluvien der Save bei Agram erbebten; ebenso in etwas grösserem Maassstabe, als am 10. October 1879 die Auen der Donau bei Moldova erschüttert wurden; so in noch weit grösserem Maassstabe an der unteren Donau bei dem wallachischen Erdbeben vom 11. (23.) Januar 1838, bei welchem das junge Schwemmland von der Dimbowitza bis über den Sereth-Fluss hinaus von zahlreichen Spalten durchschnitten wurde, aus welchen das Wasser an vielen Orten ‚klafterhoch‘ emporsprudelte.[30]

Dasselbe ist in den Alluvien des Mississippi eingetreten, als sein Flussgebiet am 6. Januar 1812 in der Nähe der Stadt New-Madrid, nicht weit unterhalb des Einflusses des Ohio, erschüttert wurde. Wir besitzen einen drastischen und lesenswerthen Bericht über das Schwanken und Aufbrechen des Bodens von dem

Augenzeugen Bringier. Indem die unterirdischen Wassermengen sich den Durchweg erzwangen, wurde die Erde mit lauten Explosionen in die Höhe getrieben. Sie stürzte allerorten hervor, eine ungeheure Menge verkohlten Holzes mitbringend, welches meist in Staub verwandelt war, der 10 bis 15 Fuss hoch emporgeschleudert wurde. Unterdessen sank die Oberfläche und eine schwarze Flüssigkeit erhob sich bis zum Unterleibe des Pferdes.[31] Es widerspricht diesen Angaben nicht, dass durch dieselbe Erderschütterung ein kleiner bestehender See, Lake Eulalie bei New-Madrid, plötzlich durch Spalten entwässert wurde.[32] In diesem Falle lag der See, wie dies so oft vorkommt, in einem gedichteten Bette und er entleerte sich in das tiefer liegende Grundwasser.

Am 12. Januar 1862 wurde die ganze südliche Umgebung des Baikal-Sees von einem heftigen Schlage getroffen, und zwar insbesondere das Delta des in denselben mündenden Flusses Selenga. Die Steppe östlich vom Selenga, auf welcher sich eine Burjäten-Niederlassung befand, senkte sich auf eine Länge von etwa 21 Km. und eine Breite von 9·5—15 Km. zur Tiefe. Wässer brachen allenthalben hervor, wurden auch aus den Brunnen hervorgestossen, endlich trat das Wasser des Baikal in die grosse Senkung und füllte sie ganz mit Wasser an. Springquellen entstanden an vielen Orten, so zwischen dem Dorfe Dubinin und der Steppe Sagansk. In der Ortschaft Kudara wurden die Holzdeckel der Brunnen wie Stöpsel aus Flaschen in die Höhe geschleudert, und es erhoben sich Quellen von lauem Wasser stellenweise bis zur Höhe von drei Sagenen (6·4 M.). Die Erschütterung erstreckte sich südwärts über Kjachta bis gegen Urga und die Mongolen wurden durch dieselbe so erschreckt, dass sie die Lama's zu religiösen Ceremonien veranlassten, um die bösen Geister zu beruhigen, welche nach ihrer Meinung die Erde bewegten.[33]

Die Erdbeben in dem Unterlaufe des Indus, Ganges und Brahmaputra haben zahlreiche Beispiele des mächtigen Emporschleuderns von Grundwasser aus dem gesprengten Alluvialboden gegeben, von welchen einige an späterer Stelle angeführt werden sollen.

Das sind die Fluthen, welche die Anunnaki heraufbringen, die aufgebrochenen Brunnen der Tiefe, welche die Genesis anführt,

für den Geologen meines Erachtens der Beweis, dass es sich hier um eine seismische Erschütterung in einem breiten Flussthale handelt. Nie hat man solche Erscheinungen in grösserem Maassstabe ausserhalb der grossen Grundwasserniederungen wahrgenommen, und sie wären auch ausserhalb derselben ganz unverständlich.

Col. II, 46—49 bedeuten daher: Schwankungen des Wassers in den offenen Gerinnen, Hervorbrechen des Grundwassers des Euphrat unter gleichzeitigem Erzittern des Bodens.

c) Dritte Gruppe. (Col. II, 49, 50.) Es ist wohl zu bemerken, dass bis hieher noch keine Rede von der Hochfluth ist, ja das Schwanken des Wassers in den Canälen und die Erscheinungen des Grundwassers lassen sich überhaupt nur vor einer ausgebreiteten Ueberfluthung beobachten. Erst mit Z. 49 tritt uns diese entgegen. Sie lautet:

39. *Rammân's Wogenschwall steigt zum Himmel empor.*

In den ersten Worten, in welchen die Fluth erwähnt wird, steigt sie schon zum Himmel, und nicht Êa, der Meeresgott, welcher vielmehr der wohlwollende Warner gewesen ist, sondern Rammân, der Wettergott, wird genannt. Das sind wohl nicht nur sturmgepeitschte Wogen einer seismisch erregten Ueberfluthung. Vor solchen Wogen wären die Götter nicht in den Himmel Anu's oder, wie einzelne Keilschriftforscher diese Stelle deuten wollten, aus der Sphäre der Planeten in jene der Fixsterne geflohen.

Plötzlich und furchtbar sind die Ueberschwemmungen, welche durch Cyklonen herbeigeführt werden. Sie kommen nur in der Nähe des Meeres vor, entweder auf Inseln, oder in den Niederungen des Unterlaufes grosser Ströme. In einer Breite von hunderten von Seemeilen nähert sich die Cyklonenwelle dem Festlande, und wird sie durch den sich verengenden Umriss des Meeres gestaut, so erhebt sie sich mehr und mehr und stürzt endlich über das Flachland verwüstend hin. Geradezu grauenvoll sind die Folgen, welche man auf den westindischen Inseln und an den ostindischen Flussmündungen erlebt hat: ich werde Beispiele aus unseren Tagen anzuführen haben, in welchen der Verlust an Menschenleben, welcher in einer einzigen Nacht eintrat, auf ein- bis zweimalhunderttausend Seelen geschätzt wird. In der Regel fallen überaus

heftige, von den heutigen Beobachtern oft geradezu als ‚sintfluthartig‘ bezeichnete Regenmassen, namentlich an der Vorderseite des vorschreitenden Wirbelsturmes vom Himmel; häufig treten zugleich starke Gewitter auf.

In einzelnen Fällen sind auch Erderschütterungen zugleich mit Cyklonen beobachtet worden, so in der noch weiter zu erwähnenden verhängnissvollen Nacht vom 11.—12. October 1737 bei Calcutta. Als der sogenannte ‚grosse Orkan‘ vom 10. October 1780 über die westindischen Inseln hin gerast, in S. Pierre auf Martinique das Meer 25 Fuss hoch erhoben und auf dieser Insel 9000, auf S. Lucia 6000 Menschen ertränkt und unermessliche Verheerungen angerichtet hatte, drückte Sir. G. Rodney seine feste Ueberzeugung aus, dass so gewaltige Zerstörung der festesten Gebäude nur durch ein Erdbeben möglich sei, und dass nur die Heftigkeit des Sturmes die Einwohner verhindert habe, dasselbe zu bemerken.[34] —

Wir kehren zum Texte des Izdubar-Epos zurück.

Es meldet nun Z. 50 den Eintritt der Finsterniss.

Am 2. September 1860 gerieth die preussische Kriegscorvette ‚Arkona‘ an der japanesischen Ostküste in einen Wirbelsturm, welchen sie in ruhmvoller Weise bestanden hat. ‚Um acht Uhr (Morgens),‘ heisst es in dem Berichte, ‚wurde es so dunkel, dass man das Ende des Schiffes nicht mehr sehen konnte; Meer und Wolken schienen sich zu verschlingen. Die Wogen standen Mauern gleich, und der Sturm peitschte den Wasserschaum wie dichten Nadelregen durch die Luft. See- und Regenwasser ergoss sich in Strömen über das Deck und durch alle Oeffnungen in die Batterie hinunter; Wind und Wellen rauschten nicht mehr; Alles bebte und donnerte. . . .‘[35]

Das ist Rammân, der die Wogen zum Himmel hebt, bis die zitternden Götter selbst nach höheren Sphären entfliehen, und welcher alles Licht verfallen lässt der Finsterniss. Und die Worte, in welchen unmittelbar nach der Thätigkeit der Anunnaki sein Eingreifen geschildert wird, legen die Vermuthung nahe, dass mit dem Erdbeben eine Cyklone aus dem persischen Meerbusen in die mesopotamische Ebene getreten ist. In ähnlicher Weise ist am 1. Mai 1709 ein heftiges Erdbeben in Bagdad, welches tausende

von Häusern niederwarf, von einem furchtbaren Sturme und von einem ‚sintfluthartigen‘ Regen und Hagel begleitet gewesen.[36]

Die verheerendste Naturerscheinung der Gegenwart, die von einer Erschütterung der Erde begleitete Cyklone, ist zugleich jene, welche der Darstellung Ḫasîs-Adra's von dem grössten Naturereignisse des Alterthums am Genauesten entspricht

Die drei nachfolgenden Verse, Col. III, Z. 1, 2, 3, sind, wie gesagt, leider zu unvollständig, um eine nähere Deutung zuzulassen. Man erkennt aus den losen und von den verschiedenen Uebersetzern in abweichender Weise wiedergegebenen Worten nur, dass hier eine Fortsetzung der Schilderung des Naturereignisses gegeben war.

Col. III, 4 schildert den Eindruck auf die erschreckten Menschen, 5—7 jenen auf die Götter; ich habe dem über die letzteren Zeilen bereits Gesagten nichts mehr hinzuzufügen.

5. Weiterer Verlauf und Ende der Katastrophe. Es folgt die Klage der hehren Menschenmutter Istar über den Vernichtungskampf gegen die Menschen, und die Götter klagen mit ihr über die Anunnaki; hierauf:

Col. III, 19. *Sechs Tage und sieben Nächte*
20. *behält Wind, Sintfluth (Wirbelsturm) und Sturm die Oberhand,*
21. *beim Anbruche des 7. Tages (aber) liess der Sturm nach, die Sintfluth (Wirbelsturm), die einen Kampf*
22. *geführt wie ein (gewaltiges) Kriegsheer,*
23. *beruhigte sich; das Meer nahm ab und Sturm und Sintfluth (Wirbelsturm) hörten auf.*
24. *Ich durchschiffte das Meer jammernd,*
25. *dass die Wohnstätten der Menschen in Schlamm verwandelt waren;*
26. *wie Baumstämme trieben die Leichen umher.*
27. *Eine Luke hatte ich geöffnet, und als das Tageslicht auf mein Antlitz fiel,*
28. *da zuckte ich zusammen und setzte mich weinend nieder,*
29. *über mein Antlitz flossen meine Thränen.*

Die Zeilen 19—23 besprechen Dauer und endliche Abnahme des grossen Ereignisses. Die Zeit von 6 Tagen und 7 Nächten ist weit kürzer als die biblischen Zeitangaben und nähert sich mehr den ähnlichen Erfahrungen der Gegenwart.

In Z. 20 nennt der Urtext drei Substantiva: *sàru, abûbu* und *mèḫû.* Das erste Wort wird übereinstimmend mit ‚Wind' übersetzt; das dritte bedeutet nach Paul Haupt sicher ‚Sturm'; Lenormant sagt ‚*la pluie diluvienne*'. Das zweite Wort *abùbu* hat mehrfache Deutungen erfahren. So wie im hebräischen Texte das Wort *mabbûl* als der bezeichnende Gesammtausdruck für die Katastrophe der Sintfluth gebraucht wird, ist dies hier z. B. I, 13; III, 20 21, 23 und IV, 14, 17 und folg. der Fall mit dem Worte *abûbu.* G. Smith übersetzt dasselbe ‚*deluge*', Lenormant ‚*la trombe diluvienne*'; Paul Haupt hatte ‚Sturmfluth' oder ‚Fluth' gebraucht, doch ist nach dessen gütigen Mittheilungen auch die Uebersetzung durch ‚Trombe' nicht ausgeschlossen.[37]

Ein ähnlicher Zweifel herrscht in Z. 22 über das nur hier vorkommende Wort *ḫàltu,* welches von den früheren Uebersetzern mit ‚Erdbeben', von Haupt besonders des Zeitwortes ‚kämpft' wegen mit ‚Kriegsheer' wiedergegeben wurde (Haupt, Exc. S. 73, 74). Haupt übersetzt: . . . *die Fluth, die einen Kampf geführt, wie ein (gewaltiges) Kriegsheer, beruhigte sich.* Die von Lenormant gegebene Uebersetzung lautet dagegen: *La trombe terrible, qui avait assailli comme un tremblement de terre, s'apaisa.*

Z. 23 b: Das Meer nahm ab; nach Haupt, Exc. S. 74, wörtlich: ‚*er machte das Meer sich in sein Becken zurückziehen*'. Diese wörtliche Uebersetzung wird nach Dr. Haupt, welchem ich so viele gütige Unterstützung bei diesen Studien verdanke, bestätigt durch zwei Stellen der ersten Tafel des Izdubar-Epos. — Dies würde abermals zeigen, dass die Fluth vom Meere gekommen sei, wofür sich bald ein weiteres Anzeichen ergeben wird.

In Z. 24—29 hat offenbar das Tosen des Sturmes bereits aufgehört. Höchst anschaulich zeigen diese Stellen den Zustand nach der grossen Fluth, die Verschlämmung der Wohnstätten, das Treiben der Leichen und den tiefen Eindruck auf das Gemüth der Ueberlebenden. Wir gelangen nun zu der Strandung des Fahrzeuges.

6. Die Strandung. Die auf diesen Theil bezüglichen Zeilen lauten nach einigen wesentlichen Veränderungen, welche Dr. Haupt mir mitzutheilen die Güte hatte:

Col. III, 30. *Ich schaute die Himmelsrichtungen (oder: wohin ich auch blickte) ein furchtbares Meer*

31. *nach den zwölf Himmelshäusern (d. i. nach allen Richtungen der Windrose) kein Land.*

32. *(Willenlos) trieb das Schiff nach der Gegend von Nizir,*

33. *da fasste ein Berg der Gegend von Nizir das Schiff und liess es nicht nach der Höhe zu weiter.*

34. *Am 1. und am 2. Tage hielt der Berg von Nizir das Schiff und liess es nicht u. s. w.*

35. *(auch) am 3. und 4. Tage hielt der Berg u. s. w.*

36. *(ebenso) am 5. und 6. Tage hielt der Berg u. s. w.*

Beim Anbruch des 7. Tages lässt nun Ḫasîs-Adra eine Taube heraus.

Für Z. 31 schliesst sich hiemit Dr. Haupt einer früher von J. Oppert gegebenen Deutung an.

Ueber die Lage der Gegend von Nizir gibt eine Inschrift Aufschluss, welche von einem Kriegszuge des Königes Asûr-nâçir-pal berichtet. Sie ist östlich vom Tigris, jenseits vom unteren Zab etwa zwischen dem 35. und 36. Breitengrade zu suchen. Es scheint mir aber nach dem mitgetheilten Texte keine Nöthigung oder gar irgend ein Beweis für die Annahme vorhanden zu sein, dass die Strandung tief im Gebirge oder gar auf einem der Hochgipfel erfolgt sei.[38]

Das Hochgebirge, welches Persien von der mesopotamischen Niederung trennt, besteht aus einer einseitigen Kette, deren älteste Glieder gegen Nordost den Elwend bilden. Diesen folgen gefaltete Züge von mesozoischem und nummulitenführendem Kalkstein; gefaltete, auch überfaltete miocäne Thonmassen, welche Gyps, Salz und Asphalt führen, setzen im Südwesten die äussere Zone des grossen Gebirgszuges zusammen.

Der ganze untere Lauf des unteren Zab fällt nach Loftus in die Zone dieser miocänen Vorhügel.

Die Inschrift Asûr-nâçir-pal's lautet an der betreffenden Stelle: ‚*Im Monate Tischrit, den fünfzehnten Tag, verliess ich die Stadt*

Kalzu und trat ich ein in das Gebiet der Stadt Babitê. Ich verliess Babitê und näherte mich dem Lande Nizir, welches man auch Lullu-Kinipa nennt. Ich nahm die Stadt Bunasi, ihre feste Stadt und 30 geschlossene Städte ihrer Grenze. Die Männer hatten Furcht und zogen sich zurück in das unzugängliche Gebirge. Aber Asûr-naçir-pal, welcher als der Erste in ihrer Verfolgung marschirte, ging sie aufzusuchen wie Vögel. Er zerstreute ihre Leichname in den Bergen des Landes Nizir. Er hieb in Stücke 326 ihrer Krieger; er nahm ihre Pferde. Er tödtete den Rest in den Schluchten und Einrissen des Berges. . .‘ So bei Lenormant, Orig. IIa, p. 10, 11. Nach Oppert, Expéd. Mésop., folgen die Worte: ‚*Die majestätischen Spitzen dieser Berge sind gerade wie ein Dolch. Verborgen vor meinen Kriegern, erstieg ich ihre Zufluchtsstätten. . .‘* Und eine spätere Stelle lautet: ‚*Ich verliess die Stadt Kalzu; ich kreuzte den unteren Zab und ich trat ein in das Land der unmittelbaren Nähe der Stadt Babitê.‘*

Kalzu (Kakzi bei Oppert) wird mit Schamâmek bei Erbil (Arbela) identificirt, d. i. die Landschaft Schemamlik am Fusse des Dehir Dagh.

Vergleicht man diese Angaben mit Cernik's Darstellung, so lässt sich Folgendes erkennen:

Der assyrische König trat seinen Marsch an derselben Stelle an, über welche mehr als fünfhundert Jahre später nach der unglücklichen Schlacht bei Gaugamela das grosse Heer des Darius Codomanus vor dem siegreichen Alexander gegen Arbela floh. Die Seehöhe beträgt hier etwa 290—325 M. Die Stadt Babitê war am selben Tage zu erreichen und muss in unmittelbarer Nähe des unteren Zab gelegen sein. Der Zug ging gegen OSO. Es waren Kriegswagen dabei; der Fluss wird in der Nähe des heutigen Strassenzuges, d. i. nicht weit von Altyn-Kjöprü gekreuzt worden sein. Unter dem Lande Nizir wird man das Land zu verstehen haben, welches durch die miocänen Höhenzüge des Karatschok Dagh, Baruwân Dagh und weiter gegen Süd durch den nördlichen Theil des Djebel Hamrin von der Ebene des Tigris abgetrennt ist. Mehrere Flüsse, unter ihnen auch der untere Zab, durchbrechen in engen Schluchten diese Höhenzüge, und die

tertiären Conglomeratbänke bilden häufig wild zerrissene Felswände von beträchtlicher Höhe.[39]

Die Seehöhe dieser dem Lande Nizir vorliegenden Berge beträgt im Durchschnitt etwa 3000 M.; die eingerissenen Flüsse liegen viel tiefer. Ich finde aber keine Veranlassung zu der Annahme, dass diese Berge überfluthet worden seien.

Das Fahrzeug treibt über die grosse Niederung dahin, geräth in das Gebiet des tiefer liegenden Tigris und strandet an dem Gehänge eines dieser gegen Nordost und Nord die Niederung begrenzenden miocänen Vorberge. Es erreicht nicht den Gipfel des Berges, aber die Geretteten verlassen dann das Schiff und ersteigen den Berg, denn es heisst an späterer Stelle:

Col. III, 46. *Ich richtete her einen Altar auf dem Gipfel des Berges. . . .*

Entscheidend für das Wesen der ganzen Katastrophe aber scheint mir, dass das Fahrzeug entgegen dem Gefälle der Flüsse vom Meere hinweg landeinwärts getrieben worden ist. Jede nach der verbreiteten Auffassung des Ereignisses vornehmlich durch Regen veranlasste Fluth hätte dasselbe sicherlich vom unteren Euphrat in's Meer hinausgetragen.

Es ist aber diese allgemein verbreitete Auffassung des biblischen Berichtes durch diesen selbst kaum sicher zu begründen. Schon im vorigen Jahrhunderte haben hervorragende Exegeten behauptet, dass (den hebräischen Texten fehlte bekanntlich ursprünglich die Vocalisirung) in Gen. VI, 17 und VII, 6 anstatt ‚*majim*', *aquae*, Wässer, — ‚*mijam*', *a mari*, vom Meere, gelesen werden solle. So übersetzte schon vor mehr als hundert Jahren J. D. Michaelis, welchen Bunsen einen der Begründer der neueren Bibelforschung nennt, die betreffenden Stellen:

VI, 17. *Ich aber will von der See her eine Ueberschwemmung über die Erde bringen, um alle beseelten Leiber unter dem ganzen Himmel zu vertilgen.*

Und ferner:

VII, 6. *Noach war damals sechshundert Jahre alt, als die Ueberschwemmung von der See her über die Erde einbrach, und er ging selbst nebst seinen Söhnen, seiner Frau und seiner Söhne Frauen in das Schiff, um dem Wasser der Sündfluth zu entkommen.*

Hiezu wird die sehr vernünftige Bemerkung gemacht: ,In der That muss die Sündfluth hauptsächlich aus der See entstanden seyn, denn die Luft kann bey weitem so viel Wasser nicht halten, als zu ihr erfordert wird, folglich auch nicht im Regen herabschütten.'[40]

Gegen diese Auslegung, welche mehrere hervorragende Bibelforscher des vergangenen Jahrhunderts theilten, wird eingewendet: ,Die Aenderung von *majim* in *mijam* sei unnöthig und unzulässig, weil ja auch der Regen besonders stark mitwirkte.'[41] Wie ausserordentlich aber durch dieselbe die biblische Erzählung den heutigen Erfahrungen über ähnliche Ereignisse genähert wird, bedarf keiner Erläuterung.

7. Abschluss, Zeit des Ereignisses. Die noch folgenden Theile der Erzählung Ḫasîs-Adra's sind namentlich in ihren engen Beziehungen zu dem biblischen Texte von äusserstem Interesse, aber sie bieten keinen wesentlichen Aufschluss über die hier berührten Fragen.

Die Episode der Aussendung der Vögel wurde behandelt von Delitzsch und Eb. Schrader, welche die grössere Ursprünglichkeit des chaldäischen Berichtes und die überraschende Gleichartigkeit einzelner Zeilen des biblischen Textes hervorheben. Die grossen Bogen Anu's, welche die Göttin Istar in die Höhe hebt vor ihrem Gelübde, der Regenbogen der Genesis, sie bestätigen den Regen. Êa, der Gott des Meeres, tritt besänftigend auf, und er ist es, welcher den streitbaren Bêl auffordert, keine Sintfluth mehr zu veranstalten.[42] —

Nach dem bisher Gesagten haben wir als den Schauplatz dieser Vorgänge das untere Stromgebiet Mesopotamiens von der nahe dem Meere am Euphrat liegenden Stadt Surippak bis zu den Abdachungen der Berge von Nizir jenseits des Tigris zu betrachten. Es ist jedoch gegen diese Auffassung vor Kurzem von hochachtbarer Seite eingewendet worden, dass die ganze Färbung des chaldäischen Berichtes eine specifisch babylonische sei; dieser Bericht sei ,babylonisch localisirt'. Trotz dieser Localisirung zeige derselbe doch keine einleuchtende Anknüpfung an die klimatischen Verhältnisse des Landes, und zwar wird bemerkt, erstens: dass die Ueberfluthung nicht in Bezug stehe mit den periodischen Hochwässern der Flüsse im November und im Frühjahre, und

zweitens: dass gar nicht einzusehen sei, warum das von einem Steuermanne geleitete Schiff so weit gegen Nord gefahren sei. Verständlich werde die Sache nur, wenn auch in der babylonischen Sage die Abkunft der neuen Menschheit vom Norden her noch ein feststehender Zug war. Dann aber sei sicher, dass Babylonien nicht die ursprüngliche Heimat der Flutherzählung war.[43]

Diese Einwürfe scheinen mir nur aus jener, wenn ich so sagen darf, binnenländischen Auffassung dieses grossen Naturereignisses hervorzugehen, welche in dem Regen die Hauptquelle der Ueberfluthung zu sehen geneigt ist, obwohl, wie bereits erwähnt worden ist, bei so grossen Fluthen der Regen nur als eine Nebenerscheinung auftritt. Die Fluth kam, wie alle grossen Fluthen der heutigen Tage, vom Meere her; Erdbeben und Cyklone stehen in keinen Beziehungen zu den periodischen Anschwellungen der Flüsse, und sie sind auch die Ursache gewesen, dass das Schiff so weit gegen Nord getrieben wurde.

Die Untersuchungen über die genaueren Angaben von Tag und Monat des Beginnes der Sintfluth, welche sich bei Berosus und in Gen. VII, 11 finden, sowie über Rawlinson's merkwürdigen Vergleich der Gesänge des Izdubar-Epos mit den Zeichen des Thierkreises fallen nicht in den Bereich meiner Aufgabe. Das genauere Datum der Sintfluth hat Bosanquet in London geglaubt auf Grund der Beobachtungen über Sonnenfinsternisse im Alterthume feststellen zu können. Dieser Versuch führte auf das Jahr 2379 v. Chr.; ich erwähne diese Ziffer nur der Vollständigkeit halber. Allen Anzeichen nach fällt die Katastrophe in eine viel frühere Zeit.[44]

Hiemit breche ich vorläufig die Betrachtung des Izdubar-Epos ab, um der Sintfluth ähnliche Ereignisse aus unseren Tagen zu besprechen. Diese sind, wie die Berichte aus den letzten Jahrzehnten lehren, weit häufiger, als man im mittleren Europa vorauszusetzen gewöhnt ist. Als Beispiele wurden die Vorkommnisse an den Mündungen des Indus und des mit dem Brahmaputra vereinigten Ganges gewählt. Dann erst soll zu abermaliger Erörterung der von Ḫasîs-Adra geschilderten Katastrophe und zu einer kurzen Prüfung jener Sintfluth-Sagen anderer Völker geschritten werden, aus welchen man die Ausbreitung der Katastrophe über die ganze Oberfläche des Planeten zu erweisen versucht hat.

B. Neuere Vorgänge an den ostindischen Flüssen.

Ḫasîs-Adra bringt das Opfer dar; wie Fliegen sammeln sich die Götter über demselben und saugen den wohlriechenden Duft ein. Und die Menschenmutter Istar, nachdem sie die grossen Bogen(?) aufgerichtet, schwört nimmer zu vergessen dieser Tage, und der weise Êa ermahnt Bêl, er möge auf den Sünder fallen lassen seine Sünde und auf den Frevler seinen Frevel, aber eine Sintfluth *(abûbu)* möge er nicht mehr anrichten. Löwen mögen kommen, und Hyänen mögen kommen, und Hungersnoth und Pest, um die Menschen zu vermindern, aber die Sintfluth möge nicht wiederkehren.

Auch Noah bringt sein Opfer dar, und Jahveh riecht den angenehmen Duft und verspricht in seinem Herzen, keine allgemeine Vertilgung mehr folgen zu lassen.

Von Elohîm wird der Bogen in das Gewölke gesetzt und der Bund des Friedens aufgerichtet für alle Zeiten mit dem Menschen und aller lebenden Creatur.

Und die Euphratniederung, obwohl häufig noch von Erderschütterungen heimgesucht, ist in den letzten Jahrtausenden in der That der Schauplatz solcher Ueberfluthung nicht wieder gewesen. Die Flussmündungen sind durch Verlandung vorgeschoben, die befruchtenden Canäle vertrocknet, das Land ist verödet; an Babel sind die grässlichen Prophezeiungen Jeremiah's in Erfüllung gegangen, die stolzen Königsstädte sind zu formlosen Trümmerhaufen geworden, aber eine Sintfluth ist nicht wieder über dieses Land gekommen.

In den Niederungen anderer grosser Ströme sieht man jedoch in unseren Tagen noch oft das Wirken der Anunnaki und fühlt den Zorn des furchtbaren Rammân. Darum verlassen wir nun die Ueberlieferungen der Vergangenheit und wenden wir uns den Erlebnissen der Gegenwart zu.

Bei allen Völkern galten von jeher die Quellen als begnadete Orte, und in wasserarmen und heissen Gegenden in noch höherem Grade als im Norden. Aber die Vorgänge der Verdunstung und der Infiltration waren unbekannt, und in mannigfaltiger Weise

suchte man ihre Speisung zu erklären. Man sah auch den Wasserspiegel der Brunnen unter der Ebene. Das sind die ,Wässer der Tiefe', welche aufbrechen und hervorsteigen bei Erderschütterungen, und indem sie sich an der Oberfläche entleeren, sinkt wohl auch ein beträchtliches Stück dieser Oberfläche in den durch die Entleerung entstehenden Hohlraum. So entstand, wie wir früher sahen, der neue Wasserspiegel auf der Stelle der Burjätenniederlassung in der Nähe des Baikal.

Im grössten Maassstabe ist dieses Hervorbrechen des Grundwassers und das Einsinken des Bodens in dem oft von Erderschütterungen heimgesuchten unteren Flussgebiete des Indus eingetreten.

Dieses Beispiel wollen wir zuerst betrachten.

Die Mündungen des Indus nehmen den weiten, flachen Theil der Küste zwischen Kurrachi im Nordwesten und Lukput im Südosten in Anspruch. Dieses Tiefland ist an der rechten Seite begrenzt durch die Höhenzüge, welche vom Khirthargebirge bis Cap Monze bei Kurrachi sich fortsetzen. Noch unter Haiderabad, bei Jerruck, und noch zwischen Tatta und Pirputta treten von diesem Gebirge her Felsmassen an den Strom und halten ihn fest, während schon weit oberhalb dieser Punkte grosse Arme von der linken Seite abgegangen sind. Die Frage, wohin unter solchen Verhältnissen das Haupt des Delta's zu verlegen sei, kann daher auf verschiedene Weise beantwortet werden, und wenn man es nach Tatta verlegt, umfasst man nur einen verhältnissmässig geringen Theil des weiten Schwemmlandes, welches unter dem Einflusse dieses gewaltigen und an Sinkstoffen sehr reichen Stromes aufgebaut worden ist.

Die Mündung des Hauptstromes steht, wie Tremenheere gezeigt hat, unter dem Einflusse von vorherrschend gegen Nordwest gerichteten Bewegungen des Meeres, so dass ein Theil seiner Sedimente bis in die unmittelbare Nähe von Kurrachi getragen wird. Die Mündung selbst ist nach derselben Richtung abgelenkt. Zahlreiche trockene Gerinne zwischen dem sehr weit oberhalb abzweigenden Narra und dem Indus deuten darauf hin, dass der gesammte Abfluss und mit ihm die Ausbildung des Delta's mehr und mehr gegen Nordwest gerückt worden sind.[45]

Cunningham schreibt dieses Drängen aller Flussläufe des Penjâb nach rechts der Rotation der Erde zu und stellt den Zeitpunkt des Verlassens des Narrabettes in's Jahr 680 n. Chr. Im Jahre 711 n. Chr. war der Hauptstrom bereits bei Rori in sein heutiges Bett eingegraben, er floss aber damals noch östlich von Haiderabad und erst um das Jahr 1592 scheint er sich westlich von dieser Stadt sein Bett gewählt zu haben.[46]

In der Niederung des Indus sind grosse und volkreiche Städte die Opfer von Naturereignissen geworden. Mit Tausenden von Einwohnern wurden sie wohl öfters binnen wenigen Augenblicken zerrüttet, und die Vernichtung der Bewässerungsanlagen oder die Ablenkung des Flusslaufes überhaupt verhinderte die Wiederaufrichtung durch die Ueberlebenden. Nach Jahrhunderten trifft dann der Reisende auf ausgedehnte Ruinen und auf die figurenreichen Bildwerke einer verlassenen Hauptstadt, an dem trockenen Gerinne des abgelenkten Flusses, und die Ergründung auch nur ihres Namens mag schon das Ziel des Ehrgeizes unserer Alterthumsforscher werden.

‚Ich reiste,' schrieb Ibn Batuta im Jahre 1333 unserer Zeitrechnung, ‚durch Sind zu der Stadt Lâhari, welche an den Küsten des Indischen Meeres gelegen ist, wo der Sind (Indus) sich mit demselben vereinigt. Sie hat einen grossen Hafen, in welchem Schiffe aus Persien, Yemen und aus anderen Gegenden anlegen. Wenige Meilen von dieser Stadt sind die Ruinen einer anderen Stadt, in welcher Steine in der Gestalt von Menschen und Thieren in fast unzähliger Menge angetroffen werden. Das Volk dieses Ortes sagt, es sei die Ansicht seiner Geschichtsschreiber, dass einstens an dieser Stelle eine Stadt gestanden sei, deren Einwohner zum grössten Theile so sündhaft gewesen seien, dass Gott sie, ihre Thiere, ihre Pflanzen und sogar die Samen in Stein verwandelte; und in der That sind die Steine in Gestalt von Samen hier beinahe zahllos.' Hier werden Nummulitenkalk und Sculpturen zusammengestellt. Es sind wahrscheinlich die Reste des berühmten Hafenortes Debal gemeint, welcher zwischen Kurrachi und Tatta lag.

Die Nachricht von solchen Städten ist vielfach gegen West und Nordwest gedrungen, und manche Uebereinstimmung mit

localen Sagen lässt vermuthen, dass Zobeïde's Erzählung in ‚Tausend und Eine Nacht', dass sie, von Bassora absegelnd, nach zwanzig Tagen in dem Hafen einer grossen Stadt Indien's gelandet sei und dort den König, die Königin und alles Volk in Stein verwandelt gefunden habe, sich auf eine der bildreichen zerstörten Städte des Indus-Delta's, vielleicht auf dasselbe Debal beziehe.[47]

Viel weiter im Lande, nordöstlich von Haiderabad, besuchten im Jahre 1854 Bellasis und Richardson die Ueberreste von Brahminabad, an dem trockenen Bette des Narra, einst einer weitläufigen und volkreichen, aus gebrannten Ziegeln erbauten Stadt, jetzt ein weiter Trümmerhaufe, aus dessen Mitte noch der untere Theil eines gewaltigen Rundthurmes aufragt. Offene Plätze, die Lage des Bazar's sind noch kennbar, und die ersten Aufgrabungen haben Skelete von Einwohnern in ihren Häusern, Münzen und Cameen, Bildhauerwerke, welche hier der Zerstörungswuth islamitischer Ikonoklasten entgangen waren, ja sogar kunstvoll gearbeitete Schachfiguren unter der wohl nahezu tausendjährigen Schuttdecke enthüllt. Die vollkommene Zerrüttung sehr starker Bauwerke, die Abwesenheit von Brandspuren, die Reste der Einwohner selbst und ihrer Habseligkeiten bestätigen die Sage, nach welcher die Stadt plötzlich durch ein Erdbeben zerstört worden ist.[48]

An dem östlichsten der alten Arme des Indus, dem Khori, nahe seiner Mündung, liegt die Stadt Lukput. Hier endet der von Südost her längs der Küste sich hinstreckende Höhenzug von Kachh, welcher den Ran of Kachh, eine südöstliche Erweiterung des Flachlandes der Mündungen, vom Meere abtrennt.

Die unübersehbare Ebene des Ran ist bald bei Südwest-Monsun von Lukput her mit Salzwasser überdeckt, bald bei Hochwässern im Indusgebiete durch die Gerinne des Bunass oder des Luni von Süsswasser überfluthet, bald weithin trocken und dann mit grossen, blendend weissen Salzflecken überstreut.

Wynne, welcher die geologische Karte von Kachh entworfen hat, schildert in anschaulichen Worten den belastenden Eindruck des Schweigens und der Einöde im Ran, in welchem ausser etwa selten einmal einer flüchtigen Heerde wilder Esel, kein lebendes

Wesen sichtbar wird und die Luft sich erfüllt mit den wunderbarsten Spiegelungen.[49]

Der dem Sanskrit entlehnte Name selbst zeigt das hohe Alter, denn *Kachchha* bezeichnet einen Sumpf und *Irina* (Ran) eine Salzwüste. Der grosse chinesische Reisende Hwen Tsang, welcher im Jahre 641 n. Chr. in Sind war, beschreibt diese Gegend bereits als niedrig, feucht und den Boden als mit Salz erfüllt.[50]

Die wunderbaren Luftspiegelungen des Ran sind die Quelle vieler Legenden und Zaubermärchen geworden. Die Eingebornen sehen in denselben das Trugbild der Besitzungen eines frommen Königes, dem es gelungen war, so vollständig ein goldenes Zeitalter der Tugend wiederherzustellen, dass seine Hauptstadt, alles Unreinen entledigt, allmälig selbst sich zum Himmel erhob. In einem entlegenen Hause jedoch war ein unreines Thier, ein wilder Esel, vergessen worden, der durch Wiehern seine Gegenwart verrieth. Das Emporschweben der Stadt wurde unterbrochen, und seither schwebt sie über dem Ran zwischen Himmel und Erde.[51]

Dieser Ran of Kachh wurde im Jahre 1819 von einer gewaltigen Erderschütterung betroffen, welche von vielbesprochenen Veränderungen der Erdoberfläche begleitet war. Ich folge bei der Besprechung derselben zunächst wörtlich der von Alex. Burnes gegebenen Schilderung der thatsächlichen Vorgänge, auf welche sich auch die von Lyell gegebene Beschreibung stützt.[52]

Vor der Schlacht von Jarra, im Jahre 1762, sagt Burnes, in welcher die Einwohner von Kachh sich muthig gegen eine Armee aus Sind unter Ghulam Schah Kulora vertheidigten, mündete der östliche Arm des Indus, gewöhnlich der Phurraun genannt, in das Meer, indem er an den westlichen Küsten von Kachh vorbeifloss, und das Land an seinen Ufern genoss die Vortheile, welche dieser Fluss durch seinen ganzen Lauf spendet. Seine jährlichen Ueberfluthungen bewässerten den Boden und lieferten reiche Ernten von Reis; diese Uferlandschaften waren damals unter dem Namen ‚Sayra' bekannt.

Diese Segnungen, welche die Natur der sonst unfruchtbaren Gegend verliehen hatte, erreichten ihr Ende mit der Schlacht von Jarra, denn der Häuptling aus Sind, erzürnt über den Misserfolg seines Feldzuges, kehrte voll Rachegefühl in sein Land zurück und

versetzte den tiefsten Nachtheil dem Lande, welches zu unterjochen ihm nicht gelungen war. Bei dem Dorfe Mora warf er einen Damm von Erde, oder, wie es genannt wird, einen ,Bund' auf, quer über jenen Arm des Indus, welcher Kachh befruchtete; indem er so den Strom ablenkte, welcher den Einwohnern so sehr zu statten gekommen war, und indem er ihn in andere Gerinne führte, in öde Theile der eigenen Besitzungen, zerstörte er zugleich eine weite und reiche Strecke bewässerten Landes und verwandelte er eine productive Reisgegend, welche zu Kachh gehört hatte, in eine sandige Wüste.

Der aufgeworfene Damm schloss nicht gänzlich das Wasser des Indus von Kachh ab, hinderte jedoch so sehr die Bewegung des Hauptstromes, dass aller Ackerbau, welcher von der Bewässerung abhing, ein Ende fand. Im Laufe der Zeit verschwand auch dieser geringe Rest von Wohlstand; die Talpur's, welche den Kalora's in der Herrschaft über Sind folgten, warfen neue Dämme auf, und um das Jahr 1802 wurden durch die Errichtung eines solchen zu Ali Bunder alle Wässer des Indus, selbst zur Zeit der Hochwässer, von dem Canale abgeschlossen, welcher sie einst an Kachh vorüber zum Meere geführt hatte. Nun hörte jener Streifen Landes, welcher vormals den fruchtbaren District von Sayra gebildet hatte, auf, auch nur einen Halm von Pflanzenwuchs zu liefern, und wurde ein Theil des Ran, an den er früher gegrenzt hatte. Der Canal des Flusses bei der Stadt Lukput wurde seichter, und oberhalb Sindree füllte er sich mit Schlamm und vertrocknete. Tiefer unten verwandelte er sich in einen Arm des Meeres.

Unter diesen Verhältnissen, erzählt Burnes weiter, erfolgte im Juni 1819 ein heftiger Erdstoss, durch welchen Hunderte von Einwohnern getroffen wurden und jeder befestigte Punkt im Lande in seinen Grundvesten erschüttert wurde. Es bildeten sich im Ran zahlreiche Spalten, aus welchen durch drei Tage ungeheure Massen von schwarzem, schlammigen Wasser hervortraten, und aus den Brunnen des an den Ran grenzenden Landstriches Bunni sprudelte das Wasser hervor, bis ringsum das Land bis zu 6, ja selbst 10 Fuss hoch überfluthet war.[53]

Gegen Sonnenuntergang wurde der Stoss zu Sindree, der Zollstation von Kachh, gefühlt, welche an der Hauptstrasse nach

Sind und an den Ufern dessen lag, was vor Zeiten der östliche Arm des Indus gewesen war. Dieses kleine, aus Ziegeln erbaute Fort von 150 Fuss im Gevierte wurde durch einen vom Ocean herfluthenden Wasserstrom überwältigt, welcher sich nach allen Richtungen ausbreitete und dieselbe Strecke, welche bisher hart und trocken gewesen war, im Laufe weniger Stunden in einen Binnensee verwandelte, der sich von Sindree nach jeder Richtung 17 Miles weit ausdehnte. . . . Bald entdeckte man jedoch, dass dies nicht die einzige Aenderung in dieser denkwürdigen Convulsion der Natur sei, da die Einwohner von Sindree in einer Entfernung von beiläufig 5 Miles gegen Nord einen Damm (a mound) von Erde oder Sand bemerkten, an einer Stelle, wo zuvor der Boden eben und niedrig gewesen war. Er erstreckte sich auf eine beträchtliche Strecke gegen Ost und gegen West und durchquerte unmittelbar den Canal des Indus, gleichsam für immer den Phurraunfluss abtrennend vom Meere. Die Eingebornen nannten diesen Damm ‚Ullah-bund' oder den Damm Gottes, mit Bezug darauf, dass er nicht wie die anderen Dämme des Indus von Menschenhand, sondern von der Natur aufgeworfen war. . . .

Diese wunderbaren Ereignisse gingen vorläufig wenig beachtet vorüber, denn der tiefe Nachtheil, welcher Kachh im Jahre 1762 zugefügt worden war, hatte diesen Theil des Landes schon so gänzlich zu Grunde gerichtet, dass es gleichgiltig war, ob derselbe eine Wüste bleibe oder sich in einen See verwandle. Ein schwacher und erfolgloser Versuch wurde von Kachh aus gemacht, ein Zollamt auf dem neu gebildeten ‚Ullah-bund' zu errichten, aber die Emire von Sind erhoben Einsprache, und da Sindree nicht länger haltbar war, wurden die Beamten auf das Festland von Kachh zurückgezogen.

So verblieben die Dinge bis zum Monate November 1826, als Nachricht einlangte, dass der Indus seine Ufer im oberen Sind durchbrochen habe, und dass eine ausserordentlich grosse Wassermenge sich über die Wüste, welche dieses Land ostwärts begrenzt, ausgebreitet, alle Dämme gesprengt und sich den Weg bis zum Ran of Kachh erzwungen habe. Im März 1827, also 8 Jahre nach dem Erdbeben, reiste nun Burnes von Bhooj, der Hauptstadt von

Kachh, über Lukput, zu Wasser aufwärts zu jener weiten Wasserfläche, welche die Ruinen von Sindree umgab.

Der wichtigste Theil des weiteren Berichtes von Burnes ist die Beschreibung des Ullah-bund. Dem Auge erschien derselbe an einer Stelle nicht höher als an einer anderen und er liess sich nach Ost und nach West so weit verfolgen, als das Auge reichte; die Eingebornen gaben an, dass seine Länge 50 Miles betrage. ‚Man darf sich denselben jedoch,‘ so sagt ausdrücklich Burnes, ‚nicht als einen schmalen Streifen, wie einen künstlichen Damm vorstellen, da er sich landeinwärts bis Raomaka-bazar ausdehnt, wohl in einer Breite von 16 Miles, und er schien eine grosse Erhebung der Natur zu sein. Die Oberfläche war mit salzreichem Boden bedeckt, und er besteht aus Thon, Muscheln und Sand. . . .‘

So weit Burnes. Der Ullah-bund ist seither öfters besucht worden; seine Höhe wurde auf 10, 15, 18 und sogar auf $20^1/_2$ Fuss bemessen, aber Wynne bemerkt, dass sich die Angaben auf die Höhe über dem wechselnden Wasserstande an seinem Fusse beziehen. Die Beobachter stimmen in dem entscheidenden Punkte überein, dass der Ullah-bund überhaupt nur von Süden her den Anblick eines Dammes biete, gegen Nord aber gar kein oder so gut wie kein Gefälle habe, und dass sich eine Nordseite desselben überhaupt in keiner Weise kenntlich mache.

Der Ullah-bund ist demnach gar kein Damm, sondern nur eine plötzliche Abstufung des Bodens.

Das oberhalb dieser Abstufung gelegene, angeblich gehobene Land hat eben keine Veränderung erfahren. Mit vollem Rechte hebt Wynne hervor, dass es bei einer irgend bemerkenswertheren Erhebung dieses Landstriches den Hochfluthen des Indus im Jahre 1826 unmöglich gewesen wäre, das seit dem Jahre 1762 abgedämmte Bett des Phurraunarmes wieder zu verfolgen und quer durch den Ullah-bund die Senkung von Sindree und die Mündung unterhalb Lukput zu erreichen.[51]

Das Land südlich vom Ullah-bund mit dem Fort von Sindree ist demnach zugleich mit einem grossen Austritte von Grundwasser während des Erdbebens von 1819 eingesunken; der Ullahbund ist eine scharfe Abstufung des Schwemmlandes, welche die Grenze der Einsenkung bezeichnet; oberhalb des Ullah-bund ist

keine wesentliche Veränderung eingetreten, wie aus dem ungeänderten Gefälle der Flüsse erhellt.

Diese einfache Auffassung der Sachlage stimmt mit der schmucklosen Darstellung überein, welche Carless im Jahre 1837 in einer die Vermessungsarbeiten im Indus-Delta begleitenden Denkschrift gegeben hat. Diese spricht nur davon, dass das niedere Alluvialland ‚während des Erdbebens von 1819 an mehreren Stellen einige Fuss tief gesunken sein soll', wobei ein kleines Fort in dem oberen Theile, nahe dem Flusse, niedergeworfen wurde. Jetzt sei die Gegend mit Wasser bedeckt.[55]

Ch. Lyell dachte an eine wahre Erhebung des Landes am Ullah-bund. Obwohl ich niemals vergessen werde, wie tiefe Anregung mir selbst in jüngeren Jahren durch den Umgang mit diesem seltenen, stets wohlwollenden und auch stets zur Anerkennung und Berichtigung eigener Irrthümer bereitwilligen Manne geworden ist, muss ich doch unverhohlen aussprechen, dass seine in viele Lehrbücher übergegangene Auffassung der im Ran of Kachh eingetretenen Veränderungen nicht aufrecht erhalten werden kann.[56] Es handelt sich hier weder um Erhebung von Land, noch, wie ich selbst einmal, irregeführt durch andere Darstellungen, vermuthet habe, um Faltenbildung an der Oberfläche, sondern nur um das Hervordringen von Grundwasser und das Nachsitzen eines scharf abgegrenzten Theiles des schlammigen Bodens.[57]

Die Uebereinstimmung mit den Vorgängen bei New-Madrid am Mississippi und in der Burjätensteppe am Baikal ist eine vollständige. —

Wir suchen nun eine Gegend auf, welche sowohl von Erdbeben, als auch von Cyklonen heimgesucht ist, und in welche verheerende Ueberfluthungen vom Meere her in neuester Zeit zu wiederholten Malen eingetreten sind, das Flachland, welches die Bucht von Bengalen nordwärts abschliesst. Ganges und Brahmaputra ergiessen sich hier in vielfach gegabelten Armen in das Meer, und ich will versuchen, die Hauptzüge der heutigen Beschaffenheit dieser Mündungen darzustellen, bevor ich über ihre Geschichte und dann von den Erdbeben und Wirbelstürmen spreche. Hiebei folge ich zunächst der meisterhaften Beschreibung dieses

Gebietes von J. Fergusson[58] und den Ergänzungen zu dieser Beschreibung durch Medlicott und Blanford.[59]

Ziemlich weit ausserhalb der littoralen Zone der Sunderbunds läuft die Fünf-Fadenlinie von den Balasore-Roads im Westen gegen Chittagong im Osten, und die Küste senkt sich sehr allmälig zur Tiefe, mit Ausnahme einer merkwürdigen, beiläufig in der Mitte dieser Strecke und etwas südwestlich ausserhalb der Haringota-Mündung gelegenen Region, in welcher plötzlich grosse Tiefen sich zeigen; es ist dies der ‚Swatch of no ground‘, in welchem, namentlich gegen seinen westlichen Rand, das Loth mit 200 und selbst 300 Faden keinen Grund findet.

Innerhalb der Sunderbunds befindet sich ein Netzwerk von Wasserläufen, welche gemeinsam an der Aufschüttung von bewohnbarem Land und der allmäligen Ausfüllung der zahlreichen und ausgedehnten ‚Jhils‘ arbeiten.

Die Inder besitzen eine weit besser ausgebildete Terminologie für die in der Natur sich wiederholenden Gestaltungen der Oberfläche als wir, und es bleibt die Frage offen, ob nicht manche ihrer Bezeichnungen mit Vortheil in allgemeineren Gebrauch treten könnten.

Bhábar ist für den Inder die stärker geneigte Aufschüttung, das Gebiet der Halden am Fusse der Gebirge, in welchem die aus dem Himalaya hervortretenden Flüsse einen Theil ihrer Wassermenge verlieren oder gar vertrocknen; Tarai ist die vegetationsreiche Zone, in welcher das Grundwasser des Bhábar wieder zu Tage tritt; Bhángar nennt man die höher liegenden Flächen älteren Schwemmlandes, im Gegensatze zu Khádar, dem tiefliegenden, in der Regel durch niedere Steilränder begrenzten Alluvialgebiete der Ströme im engeren Sinne.

Ganges und Brahmaputra treten mit beiläufig gleichen Wassermengen in die weite Delta-Region hinaus, doch bringt der Brahmaputra, wohl vermöge seines grösseren Gefälles, eine unvergleichlich viel grössere Menge von Sinkstoffen. Nichtsdestoweniger ist das Delta des Ganges in der Anschüttung viel weiter vorgeschritten und befindet sich zum grössten Theile in dem Zustande des bewohnbaren Bhángar, während am Brahmaputra weitaus die bedeutendere Fläche häufig überschwemmter Khádar ist. Im

Zusammenhange damit steht die Lücke in dem östlichen Umrisse des Delta's.

Bei Rájmahál tritt der Ganges um das von älteren vulkanischen Felsarten gebildete Ende des Gebirges, und dieser Punkt, an welchem der Strom etwa 20 Meter über dem Meere liegt, wird als das Haupt des Delta's angesehen. Mit Recht erläutert Fergusson, wie seit jener Zeit, in welcher das Meer bis Rájmahál reichte und die Ausfüllung begann, eine sehr wesentliche Veränderung in dem Maasse der Aufschüttung bei Rájmahál selbst vor sich gegangen sein muss, und wie diese mit der Verringerung des Gefälles sich ausserordentlich verlangsamen musste. Zwischen Rájmahál und dem Meere vollzieht sich die Landbildung unter fortwährender Verschiebung der Gerinne und unter fortwährend sich ändernder Gabelung derselben. Der Ganges selbst hat in historischer Zeit auf mehr als der Hälfte dieser Strecke sein ursprüngliches Gerinne, den Bhagarutti, verlassen; dieser gilt denn auch den Eingebornen für heilig, nicht der Zweig Poddah, in welchem jetzt der Ganges fliesst.

Noch weit wichtiger sind die Aenderungen, welche der Brahmaputra erlitten hat.

Nördlich von Dacca erstreckt sich bis auf etwa 112 Kilom. Länge mit einer grössten Breite von 56 Kilom. ein grosses Stück von erhöhtem Bhángar, der Madupore Jungle, mit steilerem, etwa 40—50 Fuss hohen Abhange gegen West und sanftem Gefälle gegen Ost.

Oestlich vom Madupore Jungle und von Dacca kommt die Gruppe der Silhetströme von Kachar herab, klare, an Sinkstoffen arme Wässer, welche während der drei Monate der Regenzeit unter dem Einflusse des Monsun ganz ausserordentliche Wassermengen führen; sie sind von den Silhet-Jhils, sehr ausgedehnten stillen Wasserflächen, in der Nähe des Madupore Jungle begleitet und bilden in ihrer Vereinigung den Megna.

Als im Jahre 1785 Renell die erste Vermessung dieser Gegend vornahm, floss der gewaltige, schlammige Brahmaputra östlich vom Madupore Jungle, arbeitete an der Verlandung der Silhet-Jhils und nahm die Silhetflüsse auf, um sich endlich durch den Megna ins Meer zu ergiessen. Jetzt fliesst der Strom westlich von

dem höheren Lande, und der ältere Arm ist, wenigstens durch den grössten Theil des Jahres, nur durch eine Kette von Sümpfen und Lachen angedeutet.

Hiedurch ist der Brahmaputra in die Nähe des Ganges gerückt, und es hat sich nun ein Kampf zwischen diesen beiden Strömen entwickelt, in welchem der Ganges durch die grössere Menge von Sinkstoffen, welche sein Gegner führt, in immer westlichere Gerinne gedrängt wird.

Fergusson schreibt die Ablenkung des Brahmaputra einer localen Erhebung der Region nördlich von Dacca, des Madupore Jungle, zu, und bringt die Abklärung des Brahmaputra in den Silhet-Jhils in Verbindung mit dem Zurückbleiben der Ausbildung des Delta's im Osten. Medlicott und Blanford heben aber hervor, dass eine Senkung der Silhet-Jhils dieselbe Folge gehabt hätte. Im Allgemeinen sind dieselben geneigt anzunehmen, dass sowohl das Thal des Brahmaputra in Assam, als die Gegend der Silhet-Jhils in verhältnissmässig neuer Zeit gesunken seien, dass Madupore Jungle dieser Depression allein entgangen sei und die ursprüngliche Höhe der Brahmaputra-Anschwemmungen darstelle. Sie vergleichen den Fall mit jenem des Ran of Kachh.[60]

Es sind gewiss innerhalb der historischen Zeit beträchtliche Veränderungen innerhalb dieses ausgebreiteten Flachlandes theils durch Verlegung der Stromrinnen, theils durch Verlandung, vielleicht auch durch Senkung eingetreten.

Die historischen Untersuchungen von Beveridge, welche die letzten drei Jahrhunderte umfassen, und welche sich hauptsächlich auf Berichte von Jesuiten vom Ende des 16. Jahrhunderts stützen, zeigen allerdings nicht, dass, wie man vermuthet hatte, die Sunderbunds zu jener Zeit bewohnt gewesen seien. Aber es gab damals in den östlichen Niederungen zwei Königssitze, zu Bakla, welches nicht mehr zu bestehen scheint, und zu Ciandecan (Chánd Khán). Grössere Theile von Backergunge und Jessore mögen allerdings cultivirt gewesen sein, sich wieder in Jungle verwandelt haben und dann wieder der Cultur zugeführt worden sein.[61]

Bedeutender als im Osten sind, wie aus arabischen Quellen hervorgeht, auch in diesen letzten Jahrhunderten die Veränderungen im Westen gewesen, und greift man bis zur Zeit des grossen

chinesischen Reisenden Hwen-Tsang zurück, dessen Darstellungen schon bei Besprechung des Indus-Delta's benützt worden sind, so zeigt sich, dass allerdings im siebenten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung ein guter Theil des heutigen Delta's nicht bestand. Fergusson schliesst aus den Angaben dieses zuverlässigen Beobachters sogar die Möglichkeit, dass die Silhet-Jhils noch salzig und mit dem Meere in offener Verbindung gewesen seien. Erwiesen sei auf alle Fälle, dass die damaligen Hafenstädte Sonargaon und Satgaon an dem Haupte zweier Buchten oder Aestuarien lagen, in welche Brahmaputra und Ganges sich ergossen, und beinahe gewiss sei es, dass das ganze heutige Delta südlich von diesen Orten zu jener Zeit eine grosse Salzwasser-Lagune gewesen sei. Vermuthen lasse sich, dass die Sunderbunds damals einen Lido ausserhalb dieser Lagune bildeten, und dass der Ganges damals nicht ostwärts floss, um sich mit dem Brahmaputra zu vereinigen, sondern sich selbständig in die Lagune ergoss.[62]

Noch viel weiter zurück führt eine Schrift Cameron's, in welcher versucht wird zu erweisen, dass der höher liegende Landstrich Tipperah, welcher das Delta gegen Ost begrenzt, dem alten Taprobane entspreche. Ueber diese Vermuthung steht mir kein Urtheil zu.[63] —

Der ganze Unterlauf des Ganges und des Brahmaputra ist häufigen Erschütterungen des Bodens unterworfen, und am 2. April 1762 wurde ein grosser Theil der Niederung, von Chittagong im Osten bis weit gegen West und landeinwärts insbesondere die Umgegend von Dacca auf's Heftigste erschüttert. Die Wässer stürzten wie eine brausende See aus ihren Gerinnen über das Land; weit und breit öffneten sich Spalten, Wassermengen wurden viele Fuss hoch aus dem Boden emporgeworfen und dabei sank das umliegende Land ein; Inseln nahe dem Strande verschwanden gänzlich und einzelne Flussgerinne wurden so verlegt, dass die auf der Reise begriffenen Schiffe aufgehalten wurden.[64]

Am 3. April 1810, 18. September 1829 und 11. November 1842 wiederholten sich Erderschütterungen in Calcutta. Wenige Monate vor dem letzteren Erdbeben war eine Cyklone über Calcutta hingegangen.

Am 10. Januar 1869 trat ein heftiger Erdstoss in der Provinz Kachar, östlich vom Brahmaputra ein und veranlasste grosse Veränderungen in den Alluvien. Auf viele Quadratmeilen hin liegen hier 30—40 Fuss von härterem Thon nach Oldham's Bericht auf einer mit Wasser gesättigten Lage von bläulichem Silt. Nun sah man meilenlange Sprünge längs der Flüsse entstehen und ebenso meilenweit die obere Lage des Schwemmlandes auf der wasserreichen Unterlage gegen die Flüsse abgleiten. Der Silt drang

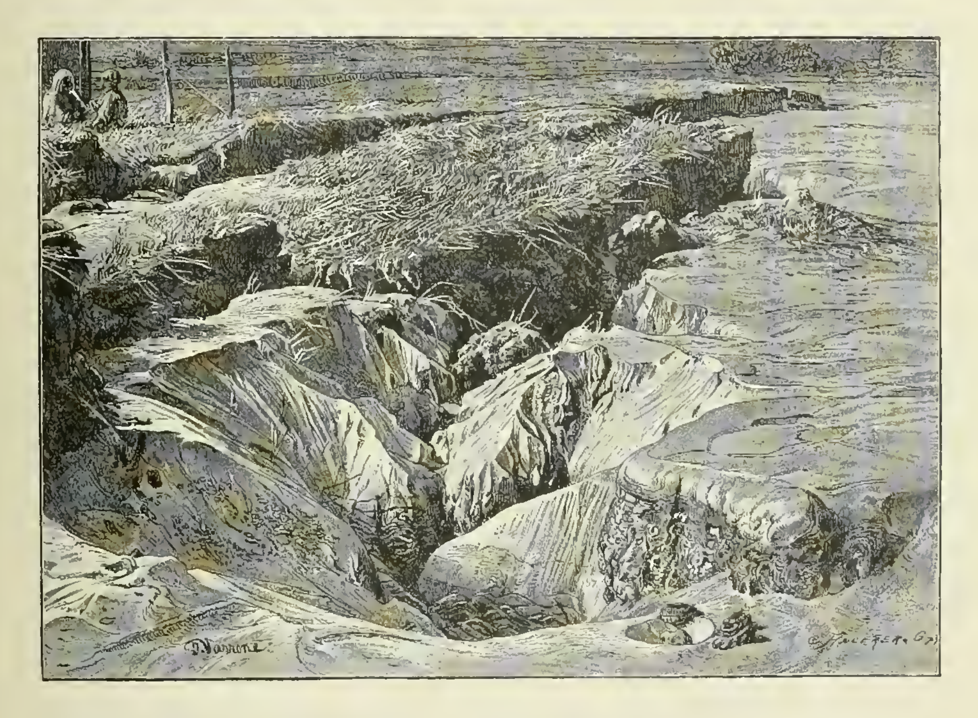


Fig. 1. Spalten und trichterförmige Oeffnungen nach dem Erdbeben von Kachar am 20. Januar 1869 (nach Oldham).

durch die klaffenden Sprünge herauf; zuerst kam mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses trockener Staub, so dass man wohl meinen konnte, es schiesse Rauch empor, aber sofort folgte der zähe Schlamm, welcher eine Lippe um die Oeffnung bildete und wohl auch abfloss.

Als die Erschütterung vorübergegangen war, sah man den Alluvialboden von den grossen Sprüngen durchzogen, welche an vielen Orten durch Senkung einer Seite des durchschnittenen Landes zu wahren Verwerfungsklüften wurden und dann an der

Oberfläche nur als niedrige Abstürze erschienen, und zwischen oder auf diesen Sprüngen standen runde oder elliptische kraterähnliche Oeffnungen, oft umgeben von einem Walle von Schlamm oder Sand. Bei vielen der grösseren Oeffnungen war jedoch nach dem Hervorbrechen Sand und Schlamm wieder in die Oeffnung zurückgeströmt und hatte dabei die Kante der Oeffnung mit hinabgerissen, so dass nur eine unregelmässige, trichterförmige Tiefe zurückblieb.[65]

Die etwa seit 1874 fortlaufenden Aufzeichnungen, welche Col. Keatinge veröffentlicht hat, lassen erkennen, dass ganz Assam und namentlich das Tiefland nördlich und südlich von den Khâsibergen, das Thal des Brahmaputra, wie die Region des Silhet, sich in jahrelanger Unruhe befanden und vielleicht heute noch befinden.[66] —

Noch weit schrecklicher als die Erdbeben wüthen in dem Flachlande dieser Flussmündungen von Zeit zu Zeit die vom Meere herkommenden Wirbelstürme. Viele von ihnen entstehen in der Nähe der Andamanen. Von dort ziehen sie Verderben bringend gegen Nord, Nordwest oder West. Bald treten sie, ungeheure Wassermassen herbeitragend und von unermesslichem Regen begleitet, in die Mündungen des Megna oder des Ganges, bald stürzen sie sich auf die Ostküste des Festlandes, bis Pondicherry hinab, oder sie treffen die Insel Ceylon.

In der Nacht vom 11.—12. October 1737 trat ein solcher Wirbelsturm in den Ganges ein und reichte viele Meilen stromaufwärts. Zugleich erfolgte ein Erdbeben und in Calcutta wurden 200 Häuser niedergeworfen. Schiffe von 60 Tonnen Tragfähigkeit wurden über die Bäume landeinwärts getragen. Das Wasser im Ganges soll sich um 40 Fuss über den gewöhnlichen Stand erhoben haben; man schätzte damals den Verlust an Menschenleben auf 300.000 Seelen.[67] Diese Ziffer ist übertrieben, aber ohne Zweifel war die Katastrophe eine furchtbare.

H. Blanford hat ein Verzeichniss der Cyklonen der Bucht von Bengalen von dem Jahre 1737 bis zu der grossen Cyklone von 1876 veröffentlicht und gezeigt, dass in diesem Zeitraume von 139 Jahren 112 grössere und geringere Wirbelstürme dieses Meer bewegt und die Küste getroffen haben.[68]

Ohne in die höchst verdienstlichen Einzelbeschreibungen einzugehen, welche von englischen Forschern einzelnen dieser Cyklonen gewidmet worden sind, greife ich mehrere Beispiele aus dieser Liste heraus.

Am 19. und 20. Mai 1787 erreichen Sturm und Sturmfluth Coringa an dem Delta des Godavery und reichen 32 Kilom. in das Land; es gehen nach einer beiläufigen Schätzung 20.000 Seelen und 500.000 Stück Vieh verloren.

Am 19. October 1800 zugleich furchtbarer Wirbelsturm und Erdbeben zu Ongole und Masulipatam, zu beiden Seiten der Mündungen des Kistna.

Im Juni 1822 fegt eine Sturmfluth über den östlichen Theil der Sunderbunds, über Burisal und Backergunge; der Sturm soll nur 85 Kilom. in 24 Stunden vorgeschritten sein; 50.000 Menschen sollen das Leben verloren haben.

Den 31. October 1831 trifft eine solche Sturmfluth den äussersten Westen des Flachlandes des Ganges, wo es sich südlich von Calcutta gegen Kuttack ausdehnt; 300 Ortschaften werden hinweggefegt und mindestens 11.000 Menschen ertränkt; es folgt Hungersnoth und wird der gesammte Verlust an Menschenleben aus diesem Ereignisse auf 50.000 Seelen geschätzt.

Den 21. Mai 1832 ertrinken durch eine solche Fluth im Ganges-Delta 8000—10.000 Menschen.

Vom 12. zum 17. November 1837 kommt Sturm und Fluth von den Andamanen nach Coringa; die Woge war 8 Fuss hoch; 700 Menschen verloren ihr Leben auf den Schiffen; 6000 sollen am Lande umgekommen sein.

Für den weniger durch seine Verheerungen, als durch seine ausserordentlich lange Strasse bemerkenswerthen Wirbelsturm vom October 1842 folgen wir dem Berichte Piddington's.[69]

Der Wirbel ging, wie so oft, von den Andamanen aus; in gerader, rein westlicher Richtung kreuzte er am 22., 23. und 24. October den südlichen Theil des bengalischen Meerbusens, und seine Mitte erreichte noch am letzteren Tage nach 5 Uhr Nachmittags die Ostküste etwas nördlich von Pondicherry. Nun wendete sich die Richtung, offenbar abgelenkt durch die Höhenzüge, ein wenig gegen Südwest, und am 25. Mittags kreuzte das Sturmcentrum

in Palgautcherrypass zwischen Salem und Paniany die westlichen Ghats. Hier scheint eine Spaltung eingetreten zu sein; es sind zwei getrennte Wirbelstürme im arabischen Meere erschienen. Der südliche Arm ging in westnordwestlicher Richtung fort, erfasste am 27. October Mittags schon weit jenseits der Laccadiven in lat. 11° 5′ N., long. 69° 09′ O., das Schiff ‚Futty Salam‘ und ereilte am 31. October in lat. 14° N., long. 61° O., nachdem bereits

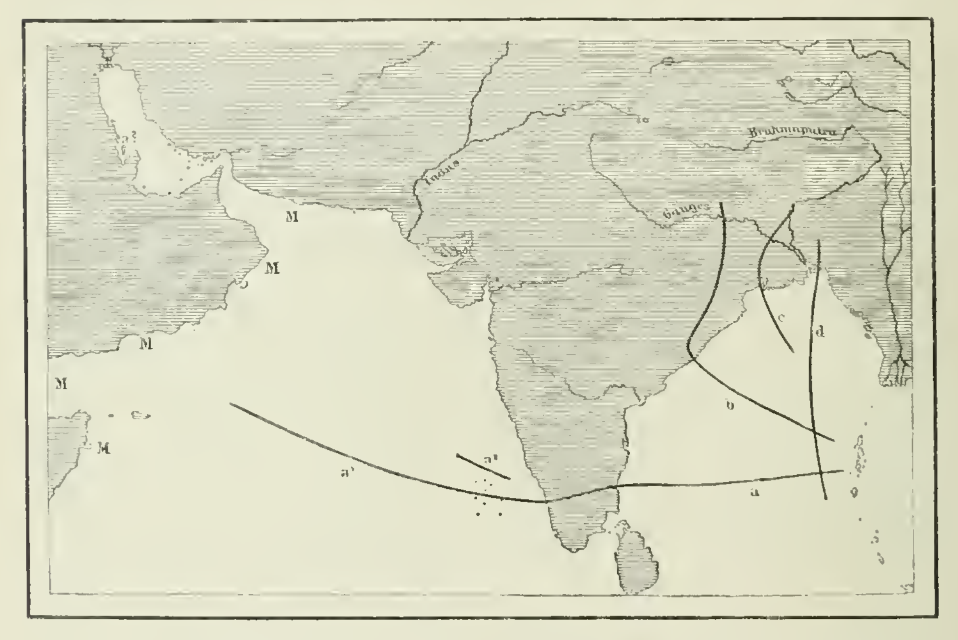


Fig. 2. Die Strassen einiger indischen Wirbelstürme.

a, a_1, a_2. Die Madras-Cyklone, October 1842; M. M Gebiet der Strandungen; a_2 vermuthete Fortsetzung in den persischen Meerbusen (nach Piddington).
b. Die Vizagapatam-Cyklone, October 1876 (nach Elliot).
c. Die Midnapore- und Burdwan-Cyklone, 15. bis 16. October 1874 (nach Willson).
d. Die Backergunge-Cyklone, 29. October bis 1. November 1876 (nach Elliot).

etwa der achte Theil des Erdumfanges zurückgelegt war, nicht 6 Längengrade von der Insel Sokotra, mit furchtbarer Gewalt das Schiff ‚Seaton‘, welches er entmastete und als hilfloses Wrack zurückliess. Von hier an hat sich der Sturm mehr gegen Nordwest gewendet. Dies geht aus dem Umstande hervor, dass zwischen Sokotra und dieser Stelle verkehrende Schiffe nur von seiner entfernteren peripherischen Erregung getroffen wurden.

Der nördliche Ast nahm schon von der ostindischen Küste her, wie es scheint, einen mehr nordwestlichen Verlauf. Auf der

ganzen Küste, vom Eingange in den persischen Meerbusen bis zum Golf von Aden und an dem afrikanischen Festlande, noch südlich von Cap Guardafui, scheiterte eine grosse Anzahl von Fahrzeugen, und der in Aden lebende Beobachter Dr. Malcolmson vermuthete sogar, der Wirbelsturm habe noch in der Nähe der Insel Bahrein den persischen Meerbusen gekreuzt. Ueber diesen nördlichsten Theil der Strasse werden aber leider keine directen Beobachtungen mitgetheilt.[70]

Vom 2. bis 5. October 1864 ging eine Cyklone von den Andamanen gegen Nordwest; im Hooghly schwemmte die Woge nahe an 48.000 Menschen und 100.000 Stück Vieh weg. Zwei grosse Postdampfer wurden trocken auf die Felder gesetzt; alle Bäume wurden entlaubt.

Blanford's traurige Liste schliesst mit der grossen Cyklone von Backergunge vom Jahre 1876. Elliot hat dieses Naturereigniss in einem selbständigen Werke geschildert, dem wir Folgendes entnehmen:[71]

Am 23. October 1876 begann im Südosten der Bucht von Bengalen ein Raum von vermindertem Luftdrucke sich zu bilden. Die Bildung schritt in den nächsten Tagen vor, und am 26. und 27. bemerkte man in dieser Region bereits heftige vorticose Winde. In den beiden folgenden Tagen bewegte sich dieser Raum verminderten Druckes gegen Nord; am Abende des 29. hatte sich bereits eine heftige Cyklone gebildet. Die Mitte war am 30. October Mittags in lat. 14° und long. 89°. Es trat eine Ablenkung gegen Nordnordost ein, und Geschwindigkeit und Gewalt des Sturmes nahmen zu. Am 1. November, gegen 3 Uhr Morgens, erreichte derselbe die Mündung des Megna mit einer Geschwindigkeit von etwa 32 Kilom. in der Stunde. Die Calmenregion in der Mitte des Sturmes war wahrscheinlich elliptisch, quer auf die Richtung des Vorschreitens und 24—29 Kilom. breit. Noch etwa 300 Kilom. von dieser Mitte war die Gewalt so gross, dass Schiffe entmastet wurden. In derselben Nacht war kurz vor dem Sturme bei Vollmond eine ungewöhnlich hohe Fluthwelle in den Megna eingetreten und hatte den Fluss zurückgestaut. Es war noch nicht die Zeit voller Ebbe angelangt, als die zurückweichende lunare Fluth, von der Sturmfluth der Cyklone erfasst und überwältigt, mit dieser zu

einer gewaltigen Woge vereint, landeinwärts zurückkehrte. Was gegen West und Nordwest lag, wurde von gestautem Süsswasser, was ostwärts lag, von Salzwasser überfluthet. Binnen kurzer Zeit waren 3000 Square Miles (etwa 141 geographische Quadratmeilen) des Flachlandes und der grossen vorliegenden Inseln 3 bis 15, ja bis zu 45 Fuss hoch mit Wasser bedeckt. Das Centrum des Sturmes ging dabei gegen Nordnordwest auf das höher liegende Gebiet von Tipperah los, zerschellte an demselben und löste sich auf.

Der Gouverneur Sir R. Temple schätzte in seinem amtlichen Berichte die Zahl der ertränkten Menschen auf 215.000 bei einer Gesammtbevölkerung von 1,062.000 Seelen. Blanford, welcher später schrieb, meint, es seien beiläufig 100.000 Menschen ertränkt worden. Die Häusergruppen sind hier in der Regel von Bäumen umstellt, sonst wäre der Verlust noch weit grösser gewesen.

Entsetzlich sind die Schilderungen der Beamten von dem Zustande des Landes nach der Katastrophe; die Häuser waren zerstört, die Bäume ihrer Blätter und Aeste beraubt, das Land mit Lachen bedeckt und in Haufen waren die Leichname von Menschen und Rindern zusammengefegt — das wahre Abbild einer vorübergegangenen Sintfluth. Das Gebiet dieser grossen Cyklonenfluth ist genau dasselbe, welches von dem Erdbeben des Jahres 1762 betroffen worden war.

Es ist eben gesagt worden, dass das Depressionsgebiet an den Höhen von Tipperah zerschellte. Elliot hebt ausdrücklich hervor, dass nicht die Reibung auf der Erde, sondern der directe Widerstand eines Höhenzuges die Auflösung der Cyklonen veranlasst oder sie ablenkt. In der That war im Anfange desselben Monats October eine kleinere Cyklone von den Andamanen gegen Nordwest nach Vizagapatam an der Ostküste gekommen, hatte, durch die östlichen Ghats abgelenkt, sich gegen Nord gewendet, und war, dem östlichen Fusse des Gebirges folgend, fortgereist, hatte den Ganges zwischen Patna und Monghyr gekreuzt und, allerdings wesentlich abgeschwächt, sogar die Vorberge des Himalaya erreicht, daher etwa 8 Breitegrade auf trockenem Lande zurückgelegt.

Im Jahre 1737 zu Calcutta und im Jahre 1800 an den Mündungen des Kistna sind Cyklone und Erdbeben vereint aufgetreten.

Obwohl beide Erscheinungen ihren Ursachen nach einander fremd sind, und obwohl die übergrosse Anzahl von Cyklonen ohne bemerkbare Erderschütterung und ebenso die übergrosse Anzahl von Erdbeben ohne Wirbelsturm eintritt, wiederholt sich doch das zeitliche Zusammentreffen von Erderschütterungen und niedrigen Barometerständen so oft, dass die Aufmerksamkeit der Forscher auf diesen Umstand gelenkt werden musste. So hat, um nur einige der Beobachter zu nennen, welche diese Richtung der Studien verfolgt haben, Jul. Schmidt die Vergleichung von vielen hunderten von Erschütterungen, welche in den letzten Jahren in Griechenland verspürt wurden, mit den gleichzeitigen Barometerständen durchgeführt,[72] Rossi Aehnliches für eine Anzahl italienischer Erdbeben unternommen[73] und G. Darwin sogar in der letzten Zeit versucht, den mechanischen Effect der barometrischen Entlastung der Erdoberfläche der Rechnung zu unterziehen.[74]

Man kann nicht behaupten, dass die directen Beobachtungen auf diesem Gebiete bereits zu irgend einem festen Ergebnisse geführt hätten, aber die z. B. in Griechenland und Italien in Vergleich gezogenen Verminderungen des Luftdruckes sind weit geringer als jene, welche bei Wirbelstürmen vorkommen. So dürfte bei dem heutigen Stande der Erfahrungen angenommen werden, dass, wenn in einer Gegend, welche sich in einer Phase seismischer Beunruhigung befindet, oder in welcher sonst die Vorbedingungen für eine Erderschütterung gegeben sind, jene wesentliche Entlastung von dem Luftdrucke eintritt, welche die Grundbedingung des Wirbelsturmes ist, diese selbe Entlastung zwar die Erderschütterung nicht erzeugt, wohl aber ihr Auftreten beschleunigt oder den Grad der Heftigkeit erhöht.

C. Wesen und Verbreitung der Sintfluth.

Wir kehren zu dem Izdubar-Epos zurück.

Die Naturerscheinungen, welche die grosse Katastrophe begleiten, sind solche, wie sie heute nur an flachen Küsten und in den Niederungen grosser Ströme, namentlich an den Mündungen

der letzteren, beobachtet werden. Die Ueberfluthung kann der Hauptsache nach nur vom Meere gekommen sein; Regen und Grundwasser waren lediglich begleitende Elemente derselben.

In diesem Umstande, wie in der örtlichen Bedeutung der Verwendung von Asphalt, liegt aber eine wesentliche Bestätigung der Ansichten jener ausgezeichneten Erforscher des Alterthums, welche in dem Sintfluthberichte des eilften Gesanges des Izdubar-Epos nicht eine von auswärts entlehnte und hier nachträglich localisirte Sage, sondern die Ueberlieferung eines einheimischen Ereignisses sehen, welches sich wirklich in den bezeichneten Theilen der damals noch weniger verlandeten Euphratniederung zugetragen hat.

Es folgt ferner hieraus, dass Gen. VI, 17 und VII, 6 in der That besser *mijam* als *majim* gelesen wird.

Die Euphratmündungen bieten alle für ein solches Ereigniss nothwendigen Vorbedingungen, und die Verlegung desselben an irgend eine andere Flussmündung würde dasselbe aus dem Gebiete der heutigen Traditionen entfernen. Man könnte z. B. etwa an die vereinigten Mündungen von Ganges und Brahmaputra denken, welche heute so oft von Erdbeben und Cyklonen heimgesucht werden. Aber abgesehen davon, dass gegen diese Annahme wohl von derselben Seite noch grössere Bedenken geäussert werden würden, ist gerade die Häufigkeit der grossen Ueberfluthungen, wahrer Sintfluthen, in diesem Gebiete eher ein Argument gegen eine solche Annahme, denn die uns vorliegenden Sintfluthberichte stammen aus Gegenden, in welchen ein solches Ereigniss ein höchst seltenes, ja geradezu etwas Unerhörtes war und gerade darum so unauslöschbaren Eindruck zurückliess. Es ergossen sich die Meeresfluthen über reich besiedelte Landschaften, welche niemals früher der Schauplatz eines solchen Ereignisses gewesen waren, und es auch nach dem Ausspruche der Gottheit niemals wieder sein sollten, ein Ausspruch, welcher sich in einer aus dem so häufig überflutheten Ganges-Delta stammenden Ueberlieferung gewiss nicht finden würde.

Der seismische Theil der Katastrophe kommt in unzweifelhafter Weise zum Ausdrucke durch die Warnungen, durch das

Uebertreten der Canäle, das Hervorbrechen der Fluthen der Tiefe und das Erzittern der Erde.

Mesopotamien ist seither oft von Erdbeben betroffen worden. Die bedeutendste seismische Phase beginnt mit dem Jahre 763 v. Chr., demselben Jahre, in welches die zuerst von Hind und Airy, neuerdings von Lehmann und von Oppolzer festgestellte Sonnenfinsterniss vom 14. Juni 763 fällt, deren Datum maassgebend geworden ist für die Chronologie des assyrischen Alterthums.[75]

Dieser wichtige Anhaltspunkt ergibt in den assyrischen Verwaltungslisten für 763 v. Chr.: Unruhen in Libzu. Im Monate Sivan tritt die Sonne in eine Verfinsterung. — 762 Unruhen in Libzu. — 761 Unruhen in Arbacha. — 759 Unruhen in Gozan. — 758 Ruhe im Lande. Später, für 746, werden abermals Unruhen angeführt, diesmal in Kalaḫ, dem biblischen Kelach (Gen. X, 11), südlich von Ninive in dem Winkel zwischen dem oberen Zab und Tigris, wo jetzt das Dorf Nimrûd liegt.[76]

Nun hat Bosanquet, einer Anregung Rawlinson's folgend, angegeben, dass unter diesen ‚Unruhen' nicht aufständische Bewegungen der Bevölkerung, sondern Erdbeben zu verstehen seien, und Bosanquet zeigt unter dieser Voraussetzung, dass diese Sonnenfinsterniss vom 14. Juni 763 dieselbe sei, welche der Prophet Amos vorhersagte.[77]

Die Erderschütterungen dieser Phase haben sich von Assyrien bis nach Palästina erstreckt, und es waren die Jahre nach 763 nicht nur durch Erdbeben, sondern auch durch mehrere Sonnenfinsternisse ausgezeichnet. Unschwer erkennt man den Eindruck, welchen diese schreckenerregenden Naturereignisse auf die erhabene Redeweise der Propheten ausgeübt haben, welche dieselben an mehreren Stellen genannt oder beschrieben und als Anzeichen des Zornes der Gottheit angerufen haben. Noch im nächstfolgenden Jahrhunderte war in Jerusalem die Erinnerung an diese Vorgänge im Volke nicht erloschen.

Der Prophet Amos datirt I, 1 seine Vision ausdrücklich ‚*zwei Jahre vor dem Erdbeben*' und schildert nicht nur die Erschütterung, sondern auch die Ueberfluthung vom Meere her, so V, 8; IX, 6: . . . *qui vocat aquas maris, et effundit eas super faciem terrae.* — Der Prophet Sophonia, welcher unter Josias (616—586)

schrieb, führt in seiner erschütternden und nie übertroffenen Vorbildung des Dies irae den Untergang von Sodom und Gomorrha und alles Entsetzen einer seismischen Katastrophe vor, und Zacharia spricht XIV, 5: . . . *et fugietis sicut fugistis a facie terraemotus in diebus Oziae regis Juda.* . . . Das ist eben das von Amos angeführte Erdbeben.

Gerade die weite Ausbreitung dieser Erdbeben lässt aber Zweifel darüber aufkommen, ob ihr Ausgangspunkt wirklich in der mesopotamischen Ebene zu suchen sei. Der Name Arbacha, welcher dem griechischen Arrhapachitis, dem armenischen Albak entspricht, möchte uns in das Gebirge am oberen Zab und somit dem heute so oft erbebenden Gebiete des Van- und Urmiah-See's näher führen.

Die syrische Wüste ist gegen Nord und gegen West umgrenzt von zwei wichtigen Erdbebenzonen, auf welchen seismische Thätigkeit durch viele Jahrhunderte bekannt ist.

Die erste dieser Zonen beginnt am Mittelmeere in der Nähe von Antiocheia. Diese unglückliche Stadt war der Schauplatz der von Dio Cassius beschriebenen schrecklichen Katastrophe vom 13. December 115, bei welcher Kaiser Trajan zugegen war; sie wurde nach minder heftigen Erdbeben im Monate Mai 518 wieder zerstört, dann am 29. November 528 abermals niedergeworfen und wurde am 31. October 589 wieder das Grab von Tausenden von Menschen.[78] Seither ist sie noch oftmals erschüttert worden. Von Antiocheia zieht sich die seismische Zone gegen Aleppo und Mambedj (Hierapolis), kreuzt den Euphrat und setzt sich von Urfa (Edessa) wahrscheinlich noch in der Richtung von Diarbekr gegen den Berg Nemrud oder Sipan-Dagh an dem Nordrande des Van-See's fort. Ihr fallen die grossen Unglücksfälle der Jahre 715, 995, 1003, 1091, 1114, 1156 n. Chr. und eine Reihe anderer grosser Erdbeben zu; aus dem laufenden Jahrhunderte nenne ich nur die Zerstörung von Aleppo im Jahre 1822. Diese Linie fällt in den Bereich jener meisterhaften Studie, welche kürzlich H. Abich über die Erdbeben des armenischen Hochlandes veröffentlicht hat, in welcher bereits diese Zone von seismischen Katastrophen als das Anzeichen eines in der Tiefe verborgenen, complicirten Bruchsystems in der Erdrinde dargestellt wird.[79]

Gerade in der Nähe des eben genannten Aleppo wird diese Zone von einer zweiten gegen Südsüdwest laufenden Erdbebenzone gekreuzt, welche mit dem Jordanbruche und auch mit der Linie der syrischen Küste in Zusammenhang zu stehen scheint. Sie beginnt in der Gegend von Malatiah am oberen Euphrat und läuft von Aleppo über Hamah (Epiphania) nach Homs (Emesa) und von da an wahrscheinlich zu beiden Seiten des Anti-Libanon, sowohl über Baalbek, als über Damaskus weiter gegen Süd. Der nördliche Theil dieser Zone wird vortrefflich erläutert durch die Angaben des arabischen Schriftstellers As-Soyúti über die in dem Jahre 552 Hedschra (1158 n. Chr.; nach anderen Berichten 551 Hedschra) mit einer gewaltigen Erschütterung beginnenden Reihe seismischer Bewegungen.[80] Auch Hoff hat Nachrichten über dieselbe gesammelt und hebt hervor, dass diese Erdbeben sich auf einer Linie von 4 Breitegraden äusserten.[81] Nach As-Soyúti's Angaben dürften die Erschütterungen im Norden begonnen, erst später gegen Damaskus vorgerückt und dann wieder gegen Aleppo und Hamah zurückgekehrt sein.

Von diesen beiden die syrische Wüste umgebenden und in der Nähe von Aleppo sich kreuzenden Zonen dürften jene Vorgänge im Jahre 763 v. Chr. und den folgenden Jahren ausgegangen sein, welche Assyrien beunruhigten und Palästina erschreckten, und welche in den assyrischen Verwaltungslisten vermerkt und in den Büchern der Propheten angerufen sind.

Es ist mir aber nicht wahrscheinlich, dass jene Erdbeben, welche der Sintfluth als Warnungen vorhergingen und sie begleiteten, aus diesen Gebieten stammten. Schläfli hat während seines allerdings gar kurzen Aufenthaltes in Mesopotamien nur solche Erdbeben kennen gelernt, welche aus der Ferne, entweder von Norden oder von Süden her, etwa von dem oft betroffenen Schiras in Persien, dem Lande mitgetheilt wurden.

Die Erdbeben der Sintfluth lassen einen südlichen Ursprung, wahrscheinlich innerhalb des persischen Meerbusens, vermuthen.

Grosse Störungen in der Atmosphäre, unermesslicher Regen und Sturm und Finsterniss haben die Erderschütterung begleitet. Die Finsterniss war nicht jene, welche z. B. vorübergehend bei dem Erdbeben von Lissabon herbeigeführt wurde durch den in die

Luft gewirbelten Schutt und Staub der stürzenden Stadt. Auch berechtigt uns nichts zur Annahme einer durch die Asche einer vulcanischen Eruption herbeigeführten Finsterniss. Es ist die Finsterniss des hereingebrochenen Wirbelsturmes.

Die Strasse der Cyklone vom October 1842, deren letzte zweifelhafte Spuren bis gegen die Insel Bahrein zu reichen scheinen, schliesst nicht einmal ganz und gar die Möglichkeit aus, dass sogar von dem gewöhnlichen Ausgangspunkte, den Andamanen, ein Wirbelsturm in den persischen Meerbusen gerathe.[82]

Der eilfte Monat, welchem nach Rawlinson's Meinung dieser eilfte Gesang entspricht, ist nicht Êa, dem Gotte des Meeres, oder den Anunnaki, den unterirdischen Geistern, sondern Rammân, dem Sturmgotte geweiht; die wortgetreue Uebersetzung des akkadischen Namens ist: ‚Monat des Fluches des Regens' oder kurz: ‚Monat des Fluches'.[83] —

Es ist nicht ganz ohne Interesse für das Verständniss so grosser Naturerscheinungen, zu untersuchen, wie verschiedenartig ihr Eindruck auf die verschiedenen Schichten und Richtungen des Menschengeschlechtes ist.

Auf den Andamanen-Inseln, welche so oft von Erderschütterungen heimgesucht werden und die wir als den Ausgangspunkt der meisten indischen Wirbelstürme kennen gelernt haben, hat sich in Abgeschlossenheit ein kleiner Rest einer Urbevölkerung erhalten. Nicht einmal bis zum Cultus der Sonne haben sich diese Menschen noch erhoben. Einen Dämon der Wälder kennen sie, Eremchangala, der die Erdbeben verursacht, und einen Dämon der See, Juruwinda. Die äusserste Furcht vor diesen ist das einzige Gefühl, das sie bei solchen Katastrophen erfüllt. Das ist die zitternde, schreckerfüllte, nackte Creatur im Anblicke der grossen Gewalten.[84]

Betrachten wir das Verhalten einer nächsten Culturstufe. Am 10. Juli 1862 wurde Accra an der Küste von Guinea und ein beträchtlicher Theil der benachbarten Gebiete erschüttert. Der holländische Kaufmann Euschart befand sich an jenem Tage zu Abomey, der Hauptstadt des Königreiches Dahomey. Er wurde auf den Marktplatz beschieden. Dort sass auf einem Throne der König, umgeben von seinen bewaffneten Amazonen, und erklärte,

es sei der Geist seines Vaters, welcher die Erde erschüttert, weil die alten Gebräuche nicht mehr befolgt werden. Drei kriegsgefangene Häuptlinge wurden hingerichtet, um dem Geiste des Verstorbenen zu melden, dass man fortan genauer die Gebräuche befolgen werde.[85]

Auf den folgenden Stufen wird die Aeusserung bestimmt durch die Richtung der Erziehung und den Lebensberuf des Einzelnen.

Da ist zuerst der trotzige Krieger. Am 4. September 1596 war grosses Erdbeben zu Kiyoto und Osaka in Japan. Die Burg von Fushimi, viele Häuser von Kiyoto, auch das Gebäude, in welchem die Statue des Gottes Daibuzu aufgestellt war, stürzten ein. Da, so berichtet Edm. Naumann, begab sich Taiko Toyotomi Hideyoschi nach dem Gebäude des Daibuzu, stellte sich vor dem gefallenen Götzenbilde auf, beschuldigte mit zorniger Stimme den schwachen Gott, dass er statt das Land zu schützen, sich selbst nicht zu erhalten die Macht habe, nahm Bogen und Pfeil und schoss nach der Statue.[86]

Ganz anders urtheilt der Naturforscher. Im Jahre 62 oder 65 n. Chr. war Apollonius von Tyana auf der Insel Kreta. Als er an der gegen das Libysche Meer liegenden Küste, an einem Vorgebirge in der Nähe von Phästus eine Unterredung mit vielen Männern hatte, die das Heiligthum auf diesem Vorgebirge verehrten, entstand plötzlich ein Erdbeben. Der Donner, sagt Philostratus, brüllte nicht von den Wolken herab, sondern aus der Tiefe, und das Meer zog sich wohl sieben Stadien weit zurück, so dass die Menge besorgte, das zurückweichende Meer werde den Tempel nach sich ziehen und sie Alle mit hinwegspülen. Apollonius aber sprach: ‚Seid getrost; das Meer hat ein Land geboren.' Nach wenigen Tagen erfuhr man, dass zur selben Zeit sich eine neue Insel zwischen Thera und Kreta aus dem Meere erhoben habe.[87]

Wieder anders urtheilt die grosse Menge. In dem allgemeinen Schrecken schwindet nicht nur der Trotz und die Gabe der Beobachtung, sondern oft auch jede Ueberlegung. Das Unzweckmässigste wird unternommen; man flüchtet an den Fuss von Säulen, welche den Einsturz drohen, wie auf dem Marktplatze von

Sillein in Ungarn am 15. Januar 1858, und es verloren nach Hamilton's Aufschreibungen 2473 Menschen bei dem calabrischen Erdbeben am 5. Februar 1783 nur durch den Umstand das Leben, dass sie sich auf den flachen Meeresstrand bei Scylla flüchteten. Es ist bei neueren Erdbeben wiederholt vorgekommen, dass man Wasserbecken nur zu dem Zwecke aufstellte, um sich zu überzeugen, ob die Schwankungen der Erde wirklich noch fortdauerten, da man unausgesetzt solche Schwankungen zu bemerken meinte, und wer die Schilderungen des Kleinmuthes der Ueberlebenden nach dem grossen Erdbeben von Lissabon vom 1. November 1755 liest, begreift auch vollständig den Seelenzustand Ḫasîs-Adra's nach der Sintfluth.

Bei dem ersten Sonnenstrahle und der ersten Oeffnung einer Luke bricht er in Thränen aus. Gerettet, opfert er sofort den Göttern. In der Erinnerung an den Umstand, wie er, ohne des Hohnes der Menge zu achten, sein Schiff gebaut,[88] gestalten sich die damals beobachteten wiederholten Anschwellungen der Fluth zu Warnungen des wohlwollenden Meeresgottes, und der farbige Regenbogen wird nach solcher Finsterniss zum Zeichen des Friedens in der Natur und der Versöhnung der Gottheiten.

All' das Wunderbare dieses Berichtes löst sich auf in die Wirkung jener Empfindungen, welche auch heute unter ähnlichen Erlebnissen das Menschenherz bewegen möchten, und indem wir dies anerkennen, zeigt sich zugleich, wie seit jener entfernten Zeit unter dem Wechsel so vieler Dinge das menschliche Gemüth doch so gar nicht verändert worden ist. Und darum trägt gerade in diesen Zügen die einfache Erzählung des Ḫasîs-Adra den Stempel ergreifender Wahrheit.

Der Schiffscapitän vermerkt, nachdem er mit entmastetem Fahrzeuge dem Wüthen der Cyklone glücklich entkommen ist, beruhigt das Steigen des Luftdruckes; was sonst sein Herz fühlen mag, das sagen die Aufschreibungen des Logbuches nicht. Als aber am 10. October 1780, während Engländer und Franzosen im Kriege lagen, die grosse Cyklone über die Antillen eine breite Strasse der Verheerung zog, die Flotten zerstreute und zertrümmerte und zwei englische Schiffe auf Martinique an den Strand warf, da schickte der französische Befehlshaber Marquis de Bouillé

die geretteten Engländer dem feindlichen Gouverneur von Santa Lucia mit dem Bemerken zurück, er könne die Opfer einer allgemeinen Katastrophe nicht als Gefangene behalten.[89] Das ist eben jenes Gefühl des Niedersinkens alles menschlichen Streites, jenes erdrückende Bewusstsein menschlicher Kleinheit im Anblicke der grossen Gewalten der Natur, welches das religiöse Moment der Sintfluthsage ausmacht.

Dieses Moment entspricht aber so vollständig der Menschennatur, dass die Ueberlieferung von diesem gewaltigen Ereignisse willige Aufnahme unter die heiligen Mythen der verschiedensten Völker gefunden hat, und dass gerade wegen der grossen Verbreitung der Sage es uns um so schwieriger wird, die thatsächliche Ausbreitung des Ereignisses zu erkennen.

In den weiten Kreis der Sintfluthsagen sind auch Traditionen aufgenommen worden, welche von der Entstehung der Meere handeln, also in die Gruppe der kosmogonischen Mythen gehören und der Sintfluth ganz fremd sind. So ist es unter den Mythen der alten Welt der Fall mit jenem grossen Regen, durch welchen nach dem VII. Capitel des Pehlevi Bundehesch die Gewässer der Erde erzeugt wurden. Ein Beispiel einer solchen kosmogonischen Mythe der neuen Welt ist die Sage der Antillenbewohner von den Brüdern, welche die Kürbisflasche finden, aus welcher sich, nachdem sie zerbrochen wurde, unermessliche Wassermengen ergiessen. In der ursprünglichen Darstellung dieser Sage durch Petrus Martyr ist gar nicht die Rede von einer strafenden und vernichtenden Sintfluth, sondern von der Entstehung der Meere, welche die tiefen und bisher trockenen Theile der Erde erfüllten, und wobei die Berge zu Inseln wurden.[90]

Bei mehreren amerikanischen Völkerschaften trifft man ferner Fluthsagen, welche von so bestimmten Einzelheiten aus der biblischen Darstellung begleitet sind, dass der Einfluss der Missionäre auf dieselben unverkennbar ist, wie dies schon oft, insbesondere von Waitz, betont worden ist.[91]

Eine andere Reihe von Ueberlieferungen ist, hauptsächlich an der westlichen Küste von Südamerika und auf den oceanischen Inseln, bis Fidji, aus verschiedenen seismisch erregten Hochfluthen hervorgegangen. Solche Ueberlieferungen sind bereits erwähnt

worden, als von dem Schwanken der Oceane bei grossen Erdbeben gesprochen wurde. Réville hat kürzlich oceanische Sintfluthsagen gesammelt.[92]

Nach Ausscheidung all' dieser, für die Beurtheilung der Ausbreitung des mesopotamischen Ereignisses unverwendbaren Ueberlieferungen bleibt uns in der alten Welt eine Anzahl von Berichten zurück, welche sich in mehrere Gruppen theilen lassen.

Die erste, dem Ereignisse selbst zunächst stehende Gruppe von Berichten bilden das Izdubar-Epos und die Bruchstücke des Berosus.

Dabei erwähnt der Bericht des Berosus einen Umstand, von welchem das Izdubar-Epos vollkommen schweigt, nämlich die Vergrabung und nachmalige Auffindung der Schriften in der Sonnenstadt Sippara. Eusebius schreibt: ... *Mandavisse, ut libros omnes, primos nimirum, medios et ultimos, terrae infossos in solis urbe Sipparis poneret....* Es ist schwer zu sagen, ob Berosus aus einer anderen, vollständigeren Quelle geschöpft als der Verfasser des Izdubar-Epos, oder ob es sich um eine spätere Zuthat handelt. Die Vergrabung von Urkunden in den Grundvesten von Tempeln und Palästen war von altersher in Babylonien üblich. Wie ein neugefundener Cylinder des Königs Naboned (etwa 550 v. Chr.), den kürzlich Pinches beschrieben hat, berichtet, hatte der König Nebukadnezar (604—561) vergeblich unter dem Sonnentempel Ê-bara zu Sippara nach alten Schriften gesucht. Erst später gelang es seinem Nachfolger Naboned in einer Tiefe von 18 Ellen einen uralten Cylinder aufzufinden: ‚Den Cylinder des Narâm-Sin, Sohnes des Sargon, welchen durch 3200 Jahre kein König, der vor mir wandelte, gesehen hatte, hat mir Samas enthüllt, der grosse Herr zu Ê-bara, dem Hause, dem Sitze der Freude seines Herzens.'

Dies führt zum Jahre 3750 zurück und stellt den alten König Sargon I., dessen Aussetzung oben erwähnt wurde, etwa in das Jahr 3800 v. Chr.[93]

Die zweite Gruppe vertreten die beiden in der Genesis miteinander verwobenen Darstellungen des Jahvisten und des Elohisten. Ihre weitgehende Uebereinstimmung mit den Angaben der ersten Gruppe von den Warnungen und dem Verpichen des

Fahrzeuges bis zu dem Aufrichten des Regenbogens ist augenfällig. In den ziffermässigen Angaben über die Zahl der Thiere, wie über die Zeiträume weichen beide Berichte von dem Izdubar-Epos ab und widersprechen sich auch untereinander. Der jahvistische Bericht gibt der Ziffer sieben jene Bedeutung, die sie so oft in assyrischen Berichten, so auch im Izdubar-Epos besitzt. Es fehlt ferner nicht an anderen kleineren Abweichungen, so in Bezug auf die ausgesendeten Vögel, und dass der babylonische Noah, wie Gen. V, 23 von Henoch erzählt wird, zu den Göttern entrückt wird.

Die wesentliche und bezeichnende Verschiedenheit liegt aber darin, dass die gesammte Darstellung in der Genesis jene Färbung angenommen hat, welche die Tradition bei einem binnenländischen Volke annehmen musste.[94] Oft schon ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass hier mangelnde Vertrautheit mit dem Meere bemerkbar wird. In der That fehlt der Steuermann und aus dem Schiffe wird ein Kasten oder Koffer, eine ‚*Arche*'. Selbstverständlich ist keine Rede von all' den Gottheiten, welche die Naturkräfte versinnlichen sollen, aber es tritt dafür namentlich in den jahvistischen Theilen die unmittelbare, persönliche Thätigkeit der Gottheit sehr hervor, wie bei dem Verschliessen des Kastens (Gen. VII, 16).

Dabei verwandeln sich zuerst die Berathung der Götter, welche der Fluth vorangeht, und dann die besänftigende Anrede Êa's an Bêl, durch welche die Gefühle der Gnade nach der Katastrophe wieder wachgerufen werden, in bemerkenswerther Weise in zwei Selbstgespräche Jahveh's, welche schon seit langer Zeit Befremden unter den Bibelforschern hervorgerufen haben. Selbst die hier sonst benützte ed. Tischendorf bringt nicht den ursprünglichen Text. Sie sagt VIII, 21: *Odoratusque est Dominus odorem suavitatis, et aït:* — da doch nach S. Hieronymus zu sagen wäre: *et aït ad cor suum:* — entsprechend bei Luther: *Und der Herr roch den lieblichen Geruch, und sprach in seinem Herzen: Ich will hinfort nicht mehr die Erde verfluchen. . .*[95]

Für uns ist die Darstellung der Genesis eine entlehnte Darstellung, doch unzweifelhaft auf dasselbe Ereigniss sich beziehend.

Wir gehen zu einer dritten Gruppe, den Aegyptern. Die Frage nach dem Bestande einer einheimischen Sintfluth-Tradition ist hier von besonderer Bedeutung, da das Ereigniss am unteren Euphrat in eine Zeit fällt, in welcher seit lange schon ägyptische Cultur blühte, und das Fehlen einheimischer Berichte als ein Beweis dafür angesehen werden darf, dass die Katastrophe das Mittelmeerbecken nicht erreicht hat. In der That ist das Wenige, was sich von ägyptischen Ueberlieferungen hieher beziehen lässt, so abweichend, dass entweder die wenigen Anknüpfungspunkte nur als eine scheinbare oder zufällige Uebereinstimmung anzusehen sind, oder dass eine gänzliche Umgestaltung der aus der Fremde erhaltenen Ueberlieferung durch den Einfluss der Priester angenommen werden muss.

Der ausführlichste Rest ägyptischer Mythologie, welcher hieher bezogen werden könnte, ist der Bericht über die Vernichtung der Menschen durch die Götter, welcher die vier Wände einer entlegenen Kammer in dem weiten Grabe Seti I. (etwa 1350 v. Chr.) zu Theben bedeckt.

Der wesentliche Inhalt lautet nach Brugsch folgendermassen:[96]

Ra beruft den Rath der Götter. Ra zürnt den Menschen und klagt, dass sie Reden gegen ihn führen. Ihr Untergang wird beschlossen. Die Göttin Hathor vollzieht das Werk. Sie kehrt zurück und wird von Ra belobt; bis Herakleopolis ist das Land mit Blut bedeckt.

Ra ruft alle seine Boten zusammen und lässt Menschenblut und Früchte der Alraune in Gefässe füllen; siebentausend Krüge des Getränkes werden bereitet. Ra kommt am nächsten Morgen, um diese Krüge zu sehen. Und es war Niemand von den Menschen vernichtet worden, welche zur rechten Zeit aufwärts gezogen waren. Hierauf spricht die Majestät des Ra: Diese sind die Guten! Ich werde die Menschen beschützen darum.

Ra befiehlt, in der Nacht das Nass aus den Krügen zu schütten, und die Felder werden mit Flüssigkeit bedeckt. Es kommt am Morgen die Göttin und sieht die überflutheten Felder; sie ist erfreut und sie trinkt davon; ihre Seele wird fröhlich, und sie erkennt nicht die Menschen.

Die fernere Fortsetzung des Mythos, die Geburt der Priesterinnen, die weitere Reue Ra's, das Wiedererscheinen von Menschen, ihre Versöhnung mit Ra, wie Ra den einzelnen Gottheiten ihre Aufgaben zutheilt und sich selbst zurückzieht, — das Alles steht mit der Sintfluth nicht in Verbindung.

Es ist vielmehr die Frage, ob auch in dem vorhergehenden Theile irgend eine solche Verbindung nachweisbar ist. Der Rath der Götter, die Vernichtung, die nachfolgende Gnade der Gottheit, sogar das Versprechen, nicht zu wiederholen, sind vorhanden. Die Katastrophe selbst ist aber von ganz verschiedener Art. Hathor vollzieht das Gericht auf blutige Weise. Nachträglich erst ist von einer Ueberfluthung die Rede, doch offenbar nicht im Sinne einer Strafe.

Allerdings ist bemerkt worden, es sei jede Ueberschwemmung für das ägyptische Volk so sehr mit den Begriffen des Reichthums und des Lebens verbunden, dass es nothwendig gewesen sei, die ursprüngliche Ueberlieferung zu ändern und dem Gerichte Ra's eine andere Gestalt zu geben.[97] Hierüber sind verschiedene Ansichten zulässig. Es geht aber aus der ganzen Darstellung hervor, dass in Aegypten selbst die grosse Katastrophe nicht eingetreten ist und in dem ägyptischen Volke die Erinnerung an ein solches Ereigniss nicht bestand, wenn auch vielleicht chaldäische Berichte zur Kenntniss der Priester gekommen sind und man ihre Spuren in diesem Mythos suchen mag. Brugsch leugnet jede Beziehung zu dem chaldäischen Mythos.

Die vierte Gruppe bilden die hellenisch-syrischen Berichte. Bei ihrer Vergleichung darf man nicht übersehen, dass die Küsten des östlichen Mittelmeeres, auch die hellenischen Gestade, im Alterthume wie in neuerer Zeit häufig von seismisch erregten Fluthen überspült worden sind. Ein Beispiel seismischer Bewegung des Meeres, welches nicht wenig an den Untergang des Pharao Menephtah erinnert, trat im Jahre 479 v. Chr. ein, als Artabazus die Stadt Potidaea belagerte, welche den Zugang zur Halbinsel Pallena, dem westlichen Vorgebirge der Chalcidyce, abschloss. Herodot erzählt, wie die Belagerer eines Tages eine beträchtliche Ebbung des Meeres wahrnahmen, durch welche die Bucht gangbar wurde, wie sie dieselbe gegen Pallena durchqueren wollten und

plötzlich von der rückkehrenden Fluth ereilt wurden.[98] Es sind noch viele andere und weiter in's Land reichende Fluthen derselben Art aus Hellas bekannt; J. Schmidt hat mehrere Beispiele aufgezählt.[99]

Unter solchen Verhältnissen ist es begreiflich, dass in Hellas Traditionen von wiederholten Fluthen vorhanden waren, so jener des Ogyges, des Deukalion, des Dardanos; daneben bestanden vereinzelte Ueberlieferungen auf den Inseln, wie auf Samothrake. An diese und insbesondere an die Berichte von der Fluth des Deukalion wurden einzelne Theile der chaldäischen Ueberlieferung, wie von der Rettung in einem schwimmenden Kasten, dem Mitnehmen von Thieren und dem Aussenden von Vögeln, namentlich einer Taube, geknüpft. Bezeichnend aber für diese Gruppe von Ueberlieferungen ist ihre Verbindung mit einer Ceremonie, welche hier noch nicht erwähnt worden ist. Es ist dies die Todtenfeier, welche zur Erinnerung an die Fluth des Deukalion zu Athen jährlich am 13. des Monats Anthesterion gefeiert wurde. Hieher gehört nach Mommsen's Darstellung die Wasserspende, Hydrophoria, und die Darbringung von Honig mit Zuthat von Mehl an dem Erdschlunde, in welchen das Wasser der Deukalionischen Fluth hineingeströmt sein sollte. Der Erdschlund liegt ausserhalb des lenäischen Bezirkes, jedoch benachbart, beim Tempel des olympischen Zeus.[100]

Eine vollständige und merkwürdige Wiederholung der Ceremonie der Hydrophoria trifft man in der Beschreibung des Tempels zu Hierapolis am oberen Euphrat, welche in der mit Recht oder Unrecht Lucian zugeschriebenen Schrift ‚von der syrischen Göttin' enthalten ist.[101]

Die betreffenden Stellen lauten wie folgt:

‚Die Meisten sagen, dass Deukalion Sisythes[102] das Heiligthum erbaut habe, dieser Deukalion, unter welchem die grosse Wasserfluth stattfand. Von Deukalion hörte ich auch in Hellas die Sage, welche die Hellenen von ihm erzählen, die sich folgendermassen verhält: ... Nun wird die Schlechtigkeit der ersten Menschen erzählt. — ‚Zur Strafe,' — heisst es dann — ‚traf sie grosses Unglück. Sogleich sandte die Erde aus ihrem Schoosse eine Menge Wasser empor, gewaltige Regengüsse traten ein, die Flüsse schwollen an, und das Meer ergoss sich weithin über das

Land, bis Alles Wasser wurde und Alle umkamen, nur Deukalion blieb von den Menschen allein. . . .‘ Er hatte nämlich einen Kasten gebaut und seine Familie, sowie Paare von allerlei Gethier waren in den Kasten getreten. Alle fuhren in dem einen Kasten, so lange das Wasser anhielt. So erzählen die Hellenen über Deukalion.‘

‚Hiezu fügen die Bewohner der heiligen Stadt eine höchst merkwürdige Geschichte: es sei in ihrem Lande eine grosse Erdöffnung entstanden, und diese habe alles Wasser aufgenommen: Deukalion aber habe, nachdem dies geschehen sei, Altäre errichtet und neben der Erdöffnung den Tempel zu Ehren der Here erbaut. Die Erdöffnung sah ich, es befindet sich unter dem Tempel eine sehr kleine. Ob sie in alten Zeiten gross war und jetzt so geworden ist, weiss ich nicht: die ich sah, ist sehr klein. Zum Zeichen und Gedächtniss dieser Geschichte thun sie Folgendes: zweimal in jedem Jahre wird Wasser aus dem Meere in den Tempel gebracht. Dies tragen nicht allein die Priester, sondern ganz Syrien und Arabien, ja von jenseits des Euphrat ziehen viele Menschen zum Meere hinab, und Alle tragen Wasser; zuerst giessen sie es im Tempel aus, dann geht es in die Erdöffnung, und die kleine Erdöffnung nimmt eine grosse Menge Wasser auf. Und bei dieser Ceremonie sagen sie, Deukalion habe dieselbe im Tempel zur Erinnerung an das Unglück und seine Wohlthat eingesetzt. Dies ist ihre alte Sage über des Heiligthum.‘

An späterer Stelle wird erzählt, dass im Innern des Tempels ein Götterbild der Here stehe und ein anderes desjenigen Gottes, ‚den sie obgleich es Zeus ist, mit einem andern Namen benennen‘. ‚Zwischen beiden steht eine andere goldene Bildsäule. . . . Die Assyrer selbst nennen sie das Zeichen, geben ihr keinen besonderen Namen und wissen nichts von ihrem Ursprunge, noch von ihrer Gestalt zu sagen. Einige beziehen sie auf Dionysos, andere auf Deukalion, noch andere auf Semiramis. Es befindet sich nämlich auf ihrem Kopfe eine goldene Taube: aus diesem Grunde will man, dass sie die Semiramis darstellt. Zweimal in jedem Jahre wird sie nach dem Meere geschafft, um das Wasser, von dem die Rede war, zu holen.‘

Diese Erzählung habe ich ausführlicher angeführt, weil sie ein gutes Beispiel der Vermengung und der Uebertragung des

Mythen gibt. Vergessen wir zuerst nicht, dass Lucianus in dem zweiten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung lebte, und der Bericht folglich unvergleichlich viel jünger ist als alle bisher erwähnten. Gleich an seiner Spitze ist der Name Deukalion[103] mit dem hellenisirten Ḫasîs-Adra oder Xisuthros, hier Sisythes, vereinigt. Obwohl das Heiligthum am oberen Euphrat steht, wird der erste Theil ausdrücklich als Sage der Hellenen angeführt, welcher doch in allen wesentlichen Theilen mit der uralten chaldäischen Ueberlieferung übereinstimmt. Sogar die drei verschiedenen Formen der Ueberfluthung, aus der Erde, vom Himmel und vom Meere her, sind erwähnt.

Im zweiten Theile verbindet die Hydrophoria das weit landeinwärts liegende Heiligthum mit dem Meere; wir mögen hellenische Sitte darin sehen, wenn auch die Taube auf dem Haupte jener Gottheit, welche angeblich zweimal im Jahre die Reise zum Meere machen musste, ganz an die chaldäischen Berichte mahnt.

So ist die Sintfluthsage vom unteren Euphrat auf verzweigten Wegen nach Hellas und von dort, wie es scheint, wieder zurück an den oberen Euphrat gelangt, und es fragt sich nun, warum gerade hier in Hierapolis absorbirende Spalten angegeben wurden. Solche Spalten werden bei Erderschütterungen wirklich zuweilen gebildet; die bereits erwähnte Entwässerung des Lake Eulalie im Thale des Mississippi ist auf diese Weise vor sich gegangen, und Hierapolis (Mambedj) liegt in der That auf der grossen Erdbebenzone von Antiocheia. Die wahre Ursache dürfte aber eine einfachere sein. Rey hat die Ruine des Tempels gesehen und einen Plan derselben veröffentlicht; sogar von einem Fischteiche innerhalb der Umfassung des Heiligthums, den der alte Bericht erwähnt, ist heute noch ein Rest vorhanden, und Rey vermuthet, dass unterirdische Wasserläufe, welche in der Stadt vorhanden sind, die Wiederholung der Fabel von dem die Sintfluth absorbirenden Schlunde und die Entstehung des Heiligthums veranlasst haben dürften.[104] —

Es ist nicht meine Absicht, in der Vergleichung dieser aus dem chaldäischen Ereignisse ganz oder zum Theile abgeleiteten Darstellungen noch weiter zu gehen.

Vier Gruppen haben wir kennen gelernt. Die erste, das Izdubar-Epos und die Bruchstücke des Berosus, steht dem Ereignisse selbst am nächsten. Die zweite, die beiden Berichte der Genesis umfassend, schliesst sich nahe an und weicht hauptsächlich ab durch die geringe Kenntniss der Seeschifffahrt. Die dritte Gruppe ist die ägyptische; nur ein einziger Bericht, aber der wichtigste, wurde erwähnt. Die Vernichtung der Menschen wird nicht durch eine Fluth, sondern durch die blutvergiessende Hathor ausgeführt; eine Fluth erscheint in untergeordneter Rolle nach dem Strafgerichte. Der Zusammenhang mit der chaldäischen Sage ist sehr lose und kann sogar überhaupt angezweifelt werden. Die vierte Gruppe ist die jüngste. Es sind die hellenisch-syrischen Traditionen; sie umfassen mehrere, wahrscheinlich seismische Fluthen, welche Theile von Hellas oder alle Küsten desselben betroffen haben und an welche chaldäische Anklänge und die Ceremonie der Hydrophoria geknüpft worden sind.

Aus keinem dieser Berichte lässt sich eine Ausbreitung des Ereignisses von Surippak bis in das Becken des Mittelmeeres erweisen.

Bei dem hohen Alter ägyptischer Cultur und der Fremdartigkeit des dortigen Mythos lässt sich im Gegentheile mit nicht geringer Sicherheit annehmen, dass das Mittelmeerbecken nicht erreicht wurde.

Die heiligen Bücher der Inder enthalten mehrere Berichte von einer grossen Fluth, und zwar sowohl in der Rig-Veda, als in jüngeren Schriften. Viele Umstände sprechen dafür, dass Satyavrata in der Bhâgavata-Purâna, welchem von Vischnu die grosse Fluth verkündet wird, und welcher gerettet wird als Bewahrer der heiligen Schriften, dieselbe Persönlichkeit sei wie Ḫasîs-Adra, wobei noch hinzutritt die aus Berosus bekannte Episode der heiligen Schriften. Aber all' diese unter mannigfaltigen Umgestaltungen erkennbaren Anklänge an die chaldäische Ueberlieferung deuten wohl an, dass die Tradition von dem grossen Ereignisse hieher getragen worden sei, nicht aber, dass die Fluth selbst hieher gereicht habe. Schon dass in dem ältesten dieser Berichte, in der Rig-Veda, der gerettete Manu Vaivasvata sein Schiff an einer der Hochspitzen des Himalaya befestigt, zeigt, dass die Sage aus

fremdem Lande eingeführt und in gänzlich naturwidriger Weise localisirt worden ist.

Von weit grösserer Bedeutung erscheinen mir die chinesischen Berichte.

Die Schriften der Chinesen reichen bis in das dritte Jahrtausend v. Chr. zurück; diese alten Bücher sind historische Aufzeichnungen; frei von allen Wundern, ohne den Anspruch auf eine höhere Offenbarung, erzählen sie in der Regel in nüchterner und bestimmter Sprache die Begebenheiten. Das bedeutendste derselben ist der Schû-King, das Buch der geschichtlichen Documente; es wurde durch Legge's treffliche Ausgaben dem europäischen Leser eröffnet.[105]

Aus dem Schû ist ersichtlich, dass unter der Regierung des Kaisers Yâo eine grosse und verheerende Ueberfluthung China bedeckte. Das Jahr des Regierungsantrittes des Kaisers Yâo setzen wir, nachdem J. B. Biot aus astronomischen Angaben diese ziemlich allgemein angenommene Ziffer für richtig hält, mit Legge auf 2357 v. Chr. Yâo regiert siebzig Jahre. Er beruft zuerst Khwăn, dem durch die Ueberschwemmung herbeigeführten Uebel zu steuern.

Im Schû, Canon des Yâo, 3 lautet die betreffende Stelle: ‚*Der Ti sagt: Fürst der Vier Berge, zerstörend in ihrem Ueberfliessen sind die Wässer der Ueberschwemmung. In ihrer weiten Ausdehnung umfassen sie die Berge und überdecken die grösseren Höhen, bedrohend die Himmel mit ihren Fluthen, so dass das niedere Volk unzufrieden ist und murrt! Wo ist ein fähiger Mann, welchen ich beauftragen könnte, diesem Uebel zu steuern?*‘[106]

Durch neun Jahre bemüht sich Khwăn vergebens; hierauf wird Yü berufen. Binnen acht Jahren vollendet er grosse Werke; er lichtet die Wälder, regelt die Ströme, dämmt sie ein und öffnet ihre Mündungen, schafft der Bevölkerung Nahrung und ordnet als grosser Wohlthäter das ganze Reich.

Der dritte Theil des Schû, welchen die Bücher von Hsiâ ausmachen, bildet in seinem ersten Buche unter dem Titel ‚Yü-king‘ oder ‚der Tribut des Yü‘ nicht nur eine eingehende Darstellung der von Yü durchgeführten Arbeiten, sondern den Umriss einer Landesbeschreibung, welche Flüsse, Gebirge und Seen und die

Hilfsmittel der Provinzen aufzählt. Es ist unmöglich, diesen ehrwürdigen Rest einer uralten Staatsverwaltung zu lesen, ohne zu Empfindungen der höchsten Achtung geführt zu werden gegen eine Nation, welche solche Berichte aus so ferner Zeit besitzt, und welche durch die folgenden Jahrtausende solchen Thaten des Friedens und der Volkswohlfahrt den höchsten Ruhm zuerkennt.

F. v. Richthofen war durch seine ausgebreitete Kenntniss des Landes in den Stand gesetzt, aus dem Yü-king den Verlauf der Ströme vor viertausend Jahren zu ermitteln, und zu erweisen, dass seither die grosse Ebene keine grossen Veränderungen erlitten hat, mit Ausnahme jener, welche durch Menschenwerk, durch den Wechsel im Laufe des gelben Flusses und durch das Anwachsen der Küste verursacht wurden. Zugleich aber wurde durch Richthofen's Nachweisungen die von Ed. Biot, ja bis zu einem gewissen Grade von Legge selbst bezweifelte Genauigkeit der Angaben über Yü's grosse Arbeiten mit dankenswerther Ausführlichkeit sichergestellt.[107]

Einzelne Missionäre haben, wenn auch nur in sehr umschränkter Weise, in dieser Ueberfluthung einen Anklang an die biblische Sintfluth vermuthet; Bunsen ist dieser Vermuthung mit grosser Schärfe entgegengetreten; in neuerer Zeit scheint man geneigt, dieselbe dem Ho zuzuschreiben, welcher auch seither so grosse Verwüstungen angerichtet hat, dass man ihn ‚den Kummer China's' nennt. Zu dieser Ansicht bekennt sich auch Legge.[108] Nichts scheint näher zu liegen als diese Annahme. Leider sind, neben der Ausführlichkeit, mit welcher Yü's Reisen und Arbeiten geschildert werden, die Angaben über die Entstehung der Fluth sehr unvollständig. Man sieht nur, dass durch lange Zeit Wasserflächen auf dem Lande gestanden sind, und dass die eingetretene Störung der Lebensverhältnisse eine beträchtliche war.[109]

Die Ergebnisse lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

1. Das unter dem Namen der Sintfluth bekannte Naturereigniss ist am unteren Euphrat eingetreten und war mit einer ausgedehnten und verheerenden Ueberfluthung der mesopotamischen Niederung verbunden.

2. Die wesentlichste Veranlassung war ein beträchtliches Erdbeben im Gebiete des persischen Meerbusens oder südlich davon, welchem mehrere geringere Erschütterungen vorangegangen sind.

3. Es ist sehr wahrscheinlich, dass während der Periode der heftigsten Stösse aus dem persischen Golf eine Cyklone von Süden her eintrat.

4. Die Traditionen anderer Völker berechtigen in keiner Weise zu der Behauptung, dass die Fluth über den Unterlauf des Euphrat und Tigris hinaus oder gar über die ganze Erde gereicht habe.

Dieser Vorfall ist es nun, welcher unter ganz verschiedenen Voraussetzungen, durch eine sonderbare Verkettung der Umstände und nachdem er durch Jahrtausende der Erinnerung der Völker eingeprägt geblieben war, aus den heiligen Büchern des Alterthumes in die geologische Wissenschaft Ausdrücke wie: ‚Diluvium‘, ‚Diluvial-Formation‘ und ‚diluviale Ablagerungen‘ herübertreten liess. Er ist heftig und zerstörend gewesen, aber es fehlt der Beweis für seine weite Ausbreitung. In schlichten Worten stellen sich dem Geologen seine Hauptzüge etwa folgendermassen dar:

In einer andauernden seismischen Phase mag durch Erdstösse zu wiederholten Malen das Wasser des persischen Meerbusens in das Niederland an den Mündungen des Euphrat geworfen worden sein. Durch diese Fluthen gewarnt, baut ein vorsichtiger Mann, Ḫasîs-Adra, d. i. der gottesfürchtige Weise genannt, ein Schiff zur Rettung der Seinigen und kalfatert es mit Erdpech, wie man heute noch am Euphrat zu thun pflegt. Die Bewegungen der Erde nehmen zu; er flüchtet mit den Seinigen in das Schiff; das Grundwasser tritt aus dem geborstenen Flachlande hervor; eine grosse Depression des Luftdruckes, bezeichnet durch furchtbaren Sturm und Regen, wahrscheinlich eine wahre Cyklone, vom persischen Meerbusen hereintretend, begleitet die höchsten Aeusserungen der seismischen Gewalt; das Meer fegt verheerend über die Ebene, erhebt das rettende Fahrzeug, spült es weit landeinwärts und lässt es an jenen miocänen Vorhügeln stranden, welche unterhalb der Mündung des kleinen Zab die Niederung des Tigris gegen Nord und Nordost umgrenzen.

Anmerkungen zu Abschnitt I: Die Sintfluth.

[1] Bache, Americ. Journ. Sc. Arts, 1856, 2d ser., XXI, p. 37—43. Hier wurde der erste Versuch gemacht, aus der Fortpflanzung der Bewegung die Tiefe des Oceans zu bestimmen.

[2] F. v. Hochstetter, Ueber das Erdbeben in Peru am 13. August 1868 und die dadurch veranlassten Fluthwellen im pacif. Ocean; Sitzungsber. Akad. Wiss., Wien, 1868, Bd. 58,a, S. 837, u. 1869, Bd. 59,b, S. 109.

[3] Lettre de Mr. Essarts, Bull. Soc. géogr., 1872, 6e sér., IV, p. 316, und Comptes rend., t. 74, p. 1126.

[4] Eug. Geinitz, Das Erdbeben von Iquique am 9. Mai 1877 und die durch dasselbe verursachte Erdbebenfluth im Grossen Ocean; Nova Act. Leop. Car., 1878, XL, S. 385—444, 2 Taf.

[5] A True and Particular Relation of the dreadful Earthquake which happen'd at Lima etc. Published at Lima by Command of the Vice Roy etc., 8°, 2d ed., London, 1748, p. 146—148.

[6] Ch. Lyell, Principles of Geol., 11th ed., II, p. 154.

[7] F. Lenormant, Les Origines de l'Histoire d'après la Bible etc., I, Paris, 1880, p. 487, 488.

[8] Die Reste des Berosus, welche sich auf die Sintfluth beziehen, finden sich bei Alex. Polyhist., bei Apollodorus und Abydenus; sie sind gesammelt in G. Smith, The Chaldaean Account of the Genesis, 8°, London, 1876, p. 37—47, bei Lenormant, Orig. I, p. 387—390 u. a. a. O.

[9] G. Smith in Transact. Bibl. Archaeol. Soc., 1873, II, p. 213 u. folg. und 1874, III, p. 534 u. folg.; ferner Chald. Genes. p. 263—272.

[10] Fox Talbot, Transact. Bibl. Archaeol. Soc., 1875, IV, p. 49—83.

[11] Lenormant, Orig. I, Append. V, p. 601—618, und IIa, p. 9, Note; diese Uebertragung stützt sich auf die vorhergehenden Arbeiten Oppert's.

[12] Paul Haupt, Der keilinschriftliche Sintfluthbericht, eine Episode des babylonischen Nimrod-Epos; Habilit.-Vorl. geh. a. d. Univ. Göttingen, 1880, 8°, Leipzig, 1881; ferner desselben: Excurs. Der keilinschriftliche Sintfluthbericht, in Schrader, Keilinschriften und altes Testament, 2. Aufl., Giessen, 1883.

[13] H. Rawlinson, Notes on Capt. Durand's Report upon the Islands of Bahrein; Journ. Roy. Asiat. Soc., 1880, XII, p. 205; auch Lenormant, Orig. I, p. 393.

[14] Ch. T. Beke, On the former Extent of the Persian Gulf and on the comparatively recent Union of the Tigris and Euphrates; Philos. Magaz., 1834, new ser., IV, p. 107—112; Carter, Remarks etc., ebend., 1834, V, p. 246—252; Beke, On the histor. Evidence of the Advance of the Land upon the Sea at the Head of the Persian Gulf; ebend., 1835, VI, p. 401—408.

15 W. K. Loftus, On the Geol. of Portions of the Turko-Persian Frontier; Quart. Journ. Geol. Soc., 1855, XI, p. 251.

16 Al. Schläfli, Zur physikalischen Geographie von Unter-Mesopotamien; Schweiz. Denkschr., 1864, S. 4.

17 F. Delitzsch, Wo lag das Paradies? 8°, 1881, S. 173—182. Ebenso Fr. Hommel, Die vorsemitischen Culturen, 8°, 1883, S. 196. Sehr ausführlich hat auch W. Ainsworth bereits vor längerer Zeit diesen Gegenstand behandelt und dabei gefunden, dass vor etwa 4200 Jahren die Alluvien beiläufig 70 engl. Meilen vom heutigen Strande entfernt sein mochten; vgl. dess.: Researches in Assyria, Babylonia and Chaldaea, 8°, 1838, p. 194.

18 G. Smith, Early history of Babylonia; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1872, I, p. 55, 59, 62; F. Mürdter, Kurzgef. Gesch. Babyloniens und Assyriens, 1882, S. 88.

19 W. Ainsworth, Researches in Assyria, Babylonia and Chaldaea, p. 89.

20 Smith, Chald. Genes. p. 266; Lenormant, Orig. p. 606; P. Haupt, Keilinschriftl. Sintfluthbericht S. 13. Dr. Haupt ist in seinem Glossar zum Sintfluthberichte (Schrader, Keilinschr. und Alt. Test., S. 516) geneigt, diese Stelle zu übersetzen: ‚Drei Saren Erdpech verschmierte ich zum Kalfatern, drei Saren Erdöl [brachte ich] in das Innere.' Die Uebersetzung des Wortes qîru ‚Aussenseite' beruht nur auf einer Vermuthung, und in der ersten Zeile wird das Wort kupru (Erdpech, Asphalt), in der zweiten iddû (Erdöl, Naphtha) verwendet; letzterem entspricht im Akkadischen nach Haupt (ebendas. S. 510) äsir = leuchtendes Wasser (Petroleum).

21 Die biblischen Texte sind nach der ed. Tischendorf citirt; es ist meine Absicht nicht, hier auf die alte Streitfrage über den Ausdruck ‚de lignis laevigatis' einzugehen; ich verweise hierüber u. And. auf Beke und Carter, Philos. Magaz., new ser. III, p. 103; IV, p. 178, 280, und V, p. 244.

22 Smith, Chald. Genes., p. 299; Delitzsch, Paradies, S. 209; Jos. Halévy, Revue crit. 1881, p. 482; Mélanges de critique etc., Paris, 1883, p. 162.

23 Ingen. Jos. Cernik's technische Studien-Expedition durch die Gebiete des Euphrat und Tigris, bearb. u. herausg. v. Am. Freih. v. Schweiger-Lerchenfeld; Petermann's Geogr. Mittheil., Ergänzungshefte 44 u. 45, 1875—76, mit 7 Karten, I, S. 23.

24 Herodotus, Clio, 179.

25 Smith, Chald. Genes., p. 62, 98; für die spätere Entwicklung der Kunst, solche Feuergeschosse anzufertigen, insb. R. Maclagan, On early Asiat. Fire-weapons; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLV a, p. 30—71.

26 Lane Fox, On Early Modes of Navigation; Journ. Anthropol. Inst., 1875, IV, p. 399—435.

27 Haupt, bei Schrader a. a. O. S. 61 und Gött. Nachr. 1883, S. 91.

28 Schläfli, Unt. Mesopot., S. 22, 23.

29 Duthieul, ebend., S. 23, 24.

30 G. Schueler, Bericht an das fürstl. wallach. h. Ministerium etc. über die Erdspaltungen und sonstigen Wirkungen des Erdbebens v. 11. 23. Jan. 1838, fol., Bukarest, 1838.

31 L. Bringier, Notice of the Geol. etc. of the regions around the Mississippi and its confluent waters; Sillim. amer. Journ. 1821, III, p. 20—22.

32 Ch. Lyell, Principles of Geol., 11[d] ed., II, p. 109.

33 Die ausführlichen Berichte von Lopatin, Semenof, Phitingof u. A. über diese merkwürdigen Erscheinungen hat Perrey gesammelt; Note sur les Tremblem. de Terre en 1862 p. 111 u. folg. und 1863 p. 67—92.

34 H. W. Dove, Ueber das Gesetz der Stürme; Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem., 2. Reihe, XXII, 1841, S. 40.

35 Th. Reye, Die Wirbelstürme, Tornado's und Wettersäulen, 8°, 1872, S. 115.

36 Richard, Hist. natur. de l'Air et des Météores, 12°, 1771, VIII, p. 504.

37 Dr. Haupt schreibt: ‚Was das hebräische Nomen proprium der Sintfluth mabbûl eigentlich bedeutet, ist allerdings nicht recht klar. Die gewöhnliche Ableitung von jabal

„strömen" hat ihre Bedenken. — Das assyrische abûbu übersetzte Eb. Schrader in der 1. Ausgabe von: Die Keilschriften und das Alte Testament (1872) durch „Aehrenhaufe", „Haufe", unter Vergleichung des hebr. abîb „Aehren". Vor ihm übersetzten Oppert und Lenormant das Wort durch „éclair", fulmen. — Schrader hatte seine Uebersetzung aus Norris, Assyr. Diction. I, London, 1868. — Die häufige Phrase kîma til abûbi ashup „gleich dem Hügel eines abûbu warf ich nieder", gab Norris, dem Schrader folgte, durch „like a heap of corn I swept away" wieder. — Die Uebersetzung „Storm, whirlwind" hat zuerst Smith (Assurbanipal 56, 74) angewandt. — Praetorius adoptirte dies in der Zeitschrift der Deutschen morgenländ. Gesellsch. Bd. 28, S. 89, und zog das arabische habûb, „stark blasend, heftiger Wind", von habba, „heftig wehen" (woher auch habbâb, „feiner Staub") zur Vergleichung herbei. Die Redensart kîma til abûbi fasste er als „wie ein Haufe, eine Ruine, die der Sturm zerstört hat". — Pognon, L'inscription de Bavian, Paris, 1879, p. 93, dagegen sagt: „Quant à l'expression til abûbi que l'on rencontre souvent dans les textes, je crois qu'elle désigne un monticule inhabité et battu par le vent"; so auch im Glossaire, p. 178. — In demselben Jahre übersetzte dann ich in meinen Sumerischen Familiengesetzen p. 19, 7 das Wort durch „Sturmfluth". — Lotz, Tiglathpilesar, 1880, p. 129, schwankt für til abûbi zwischen „Woge der Sturmfluth" und „Flugsandhügel". — In meinem Sintfluth-Commentare in Schrader's Buche wies ich dann zuerst darauf hin, dass abûbu wie hebr. mabbûl Nomen proprium der Sintfluth ist. — Es ist aus Allem ersichtlich, dass abûbu recht wohl mit Lenormant durch Trombe übersetzt werden kann.' — Diese Auffassung entspricht so sehr den heutigen Erfahrungen an den Gangesmündungen, dass ich, Lenormant's Anschauung beitretend, das Wort Wirbelsturm angewendet hätte, wenn nicht der Einwurf erhoben werden könnte, dass der rotatorische Charakter der grossen Stürme zu jener Zeit unbekannt war.

38 Delitzsch, Paradies, S. 105; Lenormant, Orig. II a, p. 6. Es scheint mir keine Veranlassung vorhanden zu sein, um den Pic von Rowandiz oder überhaupt irgend einen Hochgipfel als Stelle der Strandung anzusehen; vgl. Sayce, Cuneiform. Inscript. of Van; Journ. Asiat. Soc., 1882, new ser. XIV, p. 393. Ueber den Ausdruck ‚Berg' spricht auch Diestel, Die Sintfluth, 2. Aufl., 1876, S. 13 (Samml. wiss. Vortr. v. Virchow und Holtzendorff, VI. Ser., 137.)

39 Cernik, Studien I, S. 37—48, und II, S. 1—4.

40 J. D. Michaelis, Deutsche Uebers. des Alten Testamentes mit Anmerkungen für Ungelehrte, 2. Aufl. II, Göttingen, 1775, S. 15, 16, 41, 43; auch desselben: Orient. und Exeget. Biblioth., IX. Bd. Frankfurt a. M., 1775, S. 183. Es fehlt auch nicht an Bemerkungen anderer Autoren, welche auf das mögliche Uebertreten des Meeres hinweisen, wie z. B. Delitzsch, Paradies, S. 212.

41 Aug. Knobel, Die Genesis, 2. Aufl., 1860, S. 88; Aug. Dillmann, Die Genesis, 4. Aufl., 1882, S. 133.

42 Ed. Schrader, Die Keilschriften und das Alte Testament, 2. Aufl., 1883, S. 50 bis 52. Zu den ‚grossen Bogen (?) Anu's' vergl. übrigens Haupt bei Schrader a. a. O. S. 517.

43 Aug. Dillmann, Ueber die Herkunft der urgeschichtl. Sagen der Hebräer; Sitzungsber. der k. preuss. Akad. d. Wiss., Berlin, 1882, XXI, S. 436—439.

44 Bosanquet, Synchron. History of Assyria and Judaea; Trans. Bibl. Arch. Soc. III, 1874, p. 19, und desselben: Chronol. Remarks on the History of Esther and Ahasverus, ebend. V, 1877, p. 264. Auf wie wenig zuverlässigen Voraussetzungen diese Berechnungen beruhen, ergibt sich z. B. aus den hier folgenden Angaben über die Zeit Sargon's (S. 82).

45 E. W. Tremenheere, On the lower Portion of the River Indus; Journ. geogr. Soc., 1867, XXXVII, p. 68—91.

46 Cunningham, The ancient Geography of India, I: The Buddhist. Period, 8°, 1871, p. 251, 280.

47 Cunningham, Anc. Geogr. I, p. 299—301; nach Vyse, Geol. Notes on the River Indus, Journ. Roy. Asiat. Soc., new ser. X, 1878, p. 323, wäre der Narra nicht als ein altes Bett des Indus anzusehen.

[48] A. F. Bellasis, An Account of the Ancient and Ruined City of Brahminabad in Sind; Journ. Bombay Branch of the Roy. Asiat. Soc., 1857, V, p. 413—425 und 467—477.

[49] A. B. Wynne, Mem. on the Geol. of Kutch; Mem. Geol. Surv. of India, 1872, IX, p. 15. Es ist im Folgenden um so nothwendiger, sich auf zuverlässige neue Beobachtungen des Thatbestandes zu stützen, als eine oft citirte Autorität, General le Grand-Jacob, in Bezug auf wichtige Punkte die Aussagen der Eingebornen für unsicher erklärt; Trans. Bombay Geogr. Soc., 1866, XVI, p. 65.

[50] Cunningham, Anc. Geogr. I. p. 304.

[51] Bartle Frère, Notes on the Run of Cutch and neighbour. Region; Journ. geogr. Soc., 1870, XL, p. 187.

[52] Al. Burnes, A Memoir on the eastern Branch of the Indus, and the Run of Cutch, containing an Account of the Alterations produced on them by an Earthquake in 1819, also a Descript. of the Run; in: Travels into Bokhara, 1834, III, p. 310; vergl. auch Baird Smith, Memoir on Indian Earthquakes II; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XII, 6, p. 1027*—1033*; B. Smith vermuthet in der Nähe einen Vulcan, dies ist ein Irrthum.

[53] Burnes, Memoir, p. 324. auch Bartle Frère, Notes, p. 192.

[54] Wynne, Memoir, p. 43, auch Blanford, Mem. geol. Surv. Ind. VI, p. 31, und Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLV, pt. II, p. 95, und Medlicott and Blanford, A Manual of the Geol. of India, 8°, 1879, I, p. 421, Note. Es hat mir nicht nöthig geschienen, hier von einer angeblichen neuerlichen Senkung im Jahre 1845 zu sprechen, da sie von dem Berichterstatter selbst nicht als sichergestellt angesehen wird; vergl. Quart. Journ. geol. Soc., 1846, II, p. 103.

[55] Carless, Memoir to accompany the Survey of the Delta of the Indus, in 1837; Journ. geogr. Soc., 1838, VIII, p. 328—366, insb. p. 364.

[56] Ch. Lyell, Princ. Geol., 11th ed., p. 98—104.

[57] Entstehung der Alpen, 8°, 1875, p. 152.

[58] J. Fergusson, On Recent Changes in the Delta of the Ganges; Quart. Journ. geol. Soc., 1863, XIX, p. 321—354.

[59] Medlicott and Blanford, A Manual of the Geology of India, insb. vol. I, p. 391 u. folg.

[60] Ebend. p. 409. Allerdings wird daneben von den Verfassern die Möglichkeit einer leichten Erhebung nördlich von Dacca nicht ausgeschlossen.

[61] H. Beveridge, Were the Sundarbans inhabited in ancient times? Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLVa, p. 71—76.

[62] J. Fergusson, On Hiouen-Thsang's Journey from Patna to Ballabhi; Journ. Roy. Asiat. Soc., new ser. VI, 1873, p. 256; für den heutigen Zustand von Sunárgáon vergl. J. Wise, Notes on Sunárgáon, Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1874, Ia, p. 82—96 und Karte.

[63] Al. Mack. Cameron, The Identity of Ophir and Taprobane, and their Site indicated; Trans. Soc. Bibl. Arch., 1873, II, p. 267—288.

[64] An Account of an Earthquake at Chattigoan, transl. from the Persian by M. Edw. Gulston etc. und mehrere weitere Berichte in Philosoph. Transact. for 1763, vol. LIII, p. 251—269.

[65] Godwin Austen, Notes from Assaloo, N. Cachar, on the Great Earthquake of Jan. 10th 1869; Proc. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1869, p. 91—103; Oldham, Note, ebend. p. 113—115, und desselben: Notice of some of the secondary effects of the Earthquake of 10th Jan. 1869 in Cachar; with remarks by Rob. Mallet, Quart. Journ. geol. Soc., 1872, XXVIII, p. 255—270, und insb. Oldham, The Cachar Earthquake etc., Mem. geol. Surv. India, 1882, XIX, p. 1—98 mit Karte und Taf.

[66] Col. Keatinge, Record of the Occurrence of Earthquakes in Assam; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1877—1881 a. mehr. Ort.

67 R. Baird Smith, Mem. on Ind. Earthquakes II; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, XII, 1843, p. 1040*.

68 H. F. Blanford, Catal. of Cyclones in the Bay of Bengal; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1877, XLVIb, p. 328—338.

69 H. Piddington, Eighth Memoir on the Law of Storms in India; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XIIa, p. 339—399; zwei Karten.

70 H. Piddington, ebend., p. 379.

71 J. Elliott, Report of the Vizagapatam and Backergunge Cyclones of October 1876, 4°, Calcutta, 1877; vergl. auch Hann, Oesterr. Zeitschr. für Meteorol., XII, 1877, S. 81—87.

72 Jul. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Ausg., 1879, S. 23—34.

73 M. St. de Rossi, Meteorologia Endogena, 8°, 1882, II, p. 383—393; auch Grablowitz, Sulle Relaz. fra le Altezze barom. ed i moti microsism; Boll. Vulc. ital. VIII, 1881, p. 33; Fagioli und Rossi ebendas. p. 105, 106.

74 G. H. Darwin, On the Mechan. Effects of Barometr. Pressure on the Earth's Surface; Philos. Magaz., 1882, 5d ser., XIV, p. 409—416.

75 P. Lehmann, in Eb. Schrader, Keilinschriften und Geschichtsforschung, 8°, 1878, S. 338 u. folg.; Oppolzer, Monatsber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1880, S. 184.

76 Eb. Schrader, Keilinschriften und Altes Testament, 2. Aufl., S. 485. Hier mag auch erinnert werden an Justin. XVIII, 3: *Tyriorum gens condita a Phoenicibus fuit, qui, terrae motu vexati, relicto patriae solo, Assyrium stagnum primum, mox mari proximum litus incoluerunt, condita ibi urbe, quam a piscium ubertate Sidona appellaverunt.*

77 Bosanquet, On the date of the fall of Niniveh; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1873, II, p. 155. Während des Druckes erfahre ich durch Dr. Haupt, dass das Wort sîhu nach den neuesten Untersuchungen nur politischen Aufstand, nicht Erdbeben bedeutet; hienach ändert sich die Angabe Bosanquet's.

78 J. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Aufl., 8°, 1879, S. 144 u. folg.

79 H. Abich, Geologische Forschungen in den kaukas. Ländern, II, 1882, S. 390 bis 449.

80 As-Soyûti's Work on Earthquakes, Transl. from the Arabic by A. Sprenger; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XIIb, p. 740—747.

81 v. Hoff, Geschichte natürlicher Veränderungen, IV, 1840, S. 217.

82 Der Korân führt strafweise Verheerung durch Sturmwind an, z. B. LXIX, 6, 7: ‚. . . *und jene von Âd kamen um durch den heftigen kalten Windsturm, welchen Er gegen sie lenkte durch sieben Tage und acht Nächte ununterbrochen. Du mochtest sehen das Volk niedergestürzt, als wären es niedergeworfene Palmstämme, und kannst Du irgend Ueberlebende schauen?*' Ebenso LI, 41, 42; LIV, 19, 20.

83 Lenormant, Orig. I, Append. tab. II.

84 M. V. Portman, On the Andamau Islands and the Andamese; Journ. Roy. Asiat. Soc., new ser. XIII, 1881, p. 475, 476.

85 Al. Perrey, Notes sur les tremblem. de terre en 1862, p. 156.

86 Edm. Naumann, Ueber Erdbeben und Vulcanausbrüche in Japan; Mittheil. der deutsch. Gesellsch. für Natur- und Völkerkunde Ost-Asiens, 15. Heft; 4°, Yokohama, 1878, S. 17.

87 Philostratus. Leben des Apollonius v. Tyana IV, 34.

88 Es ist sonderbar, dass dieses Moment, welches der Bibel und allen anderen vorchristlichen Berichten mit Ausnahme des Izdubar-Epos fremd ist, in dem sonst so unvollständigen Berichte des Korân wiederkehrt; XI, 40, 41: ‚*So machte er die Arche, und so oft die Aeltesten seines Volkes an ihm vorüberkamen, spotteten sie seiner. Sprach er: Wenn ihr unser spottet, wahrhaftig, werden wir euer spotten, so wie ihr jetzt spottet, und ihr sollet es sicherlich wissen.*'

89 H. W. Dove, Ueber das Gesetz der Stürme; Poggendorff's Annal. d. Phys. und Chem., 2. Reihe, XXII, 1841, S. 41.

90 De Orbe Novo Petri Martyris ab Angleria Mediol. Proton. Decades; Compl. ap. Mich. d'Egnia, anno MDXXX, Cap. IX, fol. XX.

91 Th. Waitz, Anthropologie der Naturvölker, 1862, III, S. 187. Es sind mit dem Aufwande grosser Belesenheit sogar Versuche unternommen worden, den Ursprung aller Sintfluthsagen nach Amerika zu verlegen; Noah sollte auf Cuba gerettet sein u. s. w.; so z. B. Paläorama, aus dem Nachlasse eines amerikanischen Naturforschers, 8⁰, Erlangen, 1868, S. 192 u. a. a. O.

92 A. Réville, Les Réligions des Peuples non-civilisés, 8⁰, 1883, t. II, a. m. O.

93 T. G. Pinches, Some recent Discoveries etc., Proc. Soc. Bibl. Arch. 7. Nov. 1882, p. 6—12; Friedr. Delitzsch in Mürdter, Kurzgef. Gesch., S. 273 u. folg.; vergl. u. And. auch Taylor in J. Oppert, Expéd. scientif. Mesopot. I, p. 273.

94 Dies sagt sehr gut Lenormant, Orig. I, 2. Aufl., p. 408.

95 Die ed. Tischendorf gibt folgende Anmerkung zu VIII, 21: *et ait ad eum (Mirum si hic transtulisset Hier. voces Hebraicas el-libbo, q. e. ad cor suum, in animo suo; Sept. διανοηθείς. Quare vel invitis Codd. Latinis Sixtini expunxerunt has voculas, nullo sententiae detrimento. Bellarminus earum loco malebat: ad se — animam viventem, animantem.* Dillmann, Genes. S. 141, meint, der Schriftsteller wolle die Gedanken Gottes dolmetschen.

96 Ed. Naville, La Destruction des Hommes par les Dieux; d'après une Inscript. Mytholog. du Tombeau de Séti I à Thèbes; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1876, IV, p. 1—19, und insbesondere H. Brugsch, Die neue Weltordnung nach Vernichtung des sündigen Menschengeschlechtes, 8⁰, Berlin, 1881, 41 St. und Taf.

97 Vigouroux, vgl. Lenormant, Orig. I, p. 454.

98 Herodotus, Urania, 129.

99 Jul. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Aufl., 1879, S. 138—165.

100 A. Mommsen, Heortologie; Antiquarische Untersuchungen über die städtischen Feste der Athener, 8⁰, 1864, S. 365.

101 Ich gebe die Uebersetzung von Theod. Fischer; Lucian's Werke, 8⁰, 1867, III, S. 229, 230.

102 Ueber den Namen Sisythes, Δευκαλίωνα τὸν Σισυθέα, nicht Σκυθέα. Buttmann, Mythologus, 8⁰, 1828, S. 192.

103 δευ-καλίων Lenormant, Orig. II, 157, Note.

104 E. G. Rey, Rapp. sur une Mission scientif. dans le Nord de la Syrie; Arch. d. Miss. scientif., 2ᵉ sér., III, 1867, p. 351, pl. X.

105 James Legge, The Chinese Classics, vol. III, pt. I, 8⁰, Hongkong, 1865, und in Max Müller, The Sacred Books of the East, vol. III, 8⁰, Oxford, 1879.

106 Legge, Sacr. Books, III, p. 34; nach Chin. Class., vol. III, pt. I, p. 25, Note, liest der Commentator Wu Ching anstatt „das niedere Volk", — „das Volk, welches in den Niederungen wohnt", doch tritt Legge dieser Meinung nicht bei.

107 F. v. Richthofen, China I, 1877, S. 277—364; Taf. IV, V; insb. S. 335, Anm.

108 Legge, Sacr. Books III, p. 18.

109 Die Darstellung des Zustandes der Dinge bei Mencius III, 1, IV, 7 (Legge, Chin. Class. II, p. 126, 127) sagt allerdings: In der Zeit des Yâo, als die Welt noch nicht ganz geordnet war, verursachten die Flüsse, aus ihren Betten fliessend, eine allgemeine Ueberschwemmung u. s. w. Dies scheint mir aber nicht ganz mit den weit zuverlässigeren Angaben des Yü-kung übereinzustimmen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Einzelne Schüttergebiete.

Verschiedene Richtungen der Untersuchung. — Die nordöstlichen Alpen. — Das südliche Italien. — Das Festland von Central-Amerika. — Vermeintliche rhapsodische Erhebungen von Chile. — Aufprellen von Gegenständen. — Bewegung von submarinem Sediment. — Valparaiso, 1822. — Concepcion, 1835. — Valdivia, 1835. — Hebung des Landes nicht erwiesen.

Es gibt wohl nur wenig Naturerscheinungen, über welche eine so grosse Anzahl von verschiedenartigen Ueberlieferungen und von Druckschriften bestehen würde, als über die Erdbeben. Die Berichte reichen, wie der vorhergehende Abschnitt zeigt, bis in die älteste Zeit zurück, und auch jetzt liefert jedes Jahr Bereicherungen. Leider gehen aber diese oft sehr verdienstlichen Arbeiten nach den verschiedensten Richtungen auseinander.

Die grösste Zahl, namentlich der älteren Schriften, malt die Vorahnungen der Thiere und den Schrecken der Menschen, zählt den Verlust an Leben und Geldwerth auf und bietet grelle Farben, aber wenig deutliche Umrisse.

Andere Arbeiten, wahre Muster ausdauernden Fleisses, suchen nach einer Periodicität der Erscheinungen, aber zwei Umstände verurtheilen jede noch so ernst gemeinte Bemühung dieser Art, sobald es sich um die Umfassung langer Zeiträume und zahlreicher Erschütterungen handelt, von vorneherein zur Unfruchtbarkeit. Der erste liegt in der alle für ähnliche Arbeiten zulässigen Grenzen weit übersteigenden Ungleichartigkeit der Ueberlieferung. Diese befindet sich in augenscheinlicher Abhängigkeit von dem jeweiligen Culturzustande der Menschheit und der fortschreitenden

Erschliessung entfernter Landstriche. Mallet hat im Jahre 1858 in einer kleinen Tabelle gezeigt, in wie ausserordentlichem Maasse die Zahl der bekannt gewordenen Erdbeben gegen die neuere Zeit sich vermehrt, und dies mit Recht der grösseren Vollständigkeit der Berichterstattung zugeschrieben; aus demselben Grunde fällt für Europa das Maximum der Zahl der Erschütterungen in das 19. Jahrhundert.[1] Erst in den letzten Jahren ist uns durch Edm. Naumann's[2] und J. Milne's[3] Arbeiten Gelegenheit geboten worden, die älteren Aufzeichnungen über Erderschütterungen in Japan kennen zu lernen. Die zahlreichen Angaben aus dem 7., 8. und insbesondere aus dem 9. Jahrhunderte unserer Zeitrechnung entsprechen dem hohen Bildungsgrade, welchen Japan bereits um jene Zeit erreicht hatte, aber auch hier schreibt Naumann die Spärlichkeit der Berichte aus dem 12. und 16. Jahrhunderte den politischen Umwälzungen und den kriegerischen Unternehmungen der damaligen Zeitläufte zu. Und für wie geringe Theile der Erdoberfläche besitzen wir überhaupt irgendwelche ältere Berichte! Indem wir in tausenden von Daten Spuren einer Periodicität suchen, finden wir in denselben nur die Beweise unserer Unwissenheit.

Der zweite Umstand liegt in der Unmöglichkeit einer festen Regel für die Auswahl der zu verzeichnenden Einzelstösse aus irgend einer längeren seismischen Phase. Die Fälle, in welchen die seismische Bewegung sich in einem einzigen heftigen Schlage für lange Zeit erschöpft, wie dies bei dem letzten Erdbeben von Casamicciola auf Ischia vorgekommen ist, gehören zu den seltenen Ausnahmen. Weit häufiger erscheint eine ganze Reihe von Erderschütterungen, mit oder ohne Begleitung von unterirdischem Getöse, von wechselnder Intensität, ja öfters sogar auf einer bestimmten Linie das Maximum der Intensität von Ort zu Ort verschiebend, und der gewissenhafte Beobachter bleibt im Zweifel, welche von den zahlreichen stärkeren oder schwächeren Bewegungen des Bodens er in seine Tabelle aufzunehmen hat, um den etwaigen Zusammenhang der irdischen Erschütterungen und der jeweiligen Stellung des Mondes und der Sonne zu prüfen.

Eine weitere Reihe von Bestrebungen ist dahin gerichtet worden, unter Anwendung geometrischer Grundsätze aus der

Zeitfolge und der Richtung der Bewegungen der Erdoberfläche die genaue Tiefe und Lage des Ausgangspunktes derselben zu ermitteln. Abgesehen jedoch von dem Gegensatze, welcher zwischen der grossen Schärfe der angewandten Methode und der geringen Schärfe der Beobachtungen besteht, auf welche in den meisten Fällen die Berechnung gestützt werden muss, ist hier die Voraussetzung gemacht, dass dieser Ausgangspunkt ein räumlich ziemlich beschränkter Ort der Tiefe sei. Diese Voraussetzung ist aber nicht erwiesen. Es ist im Gegentheile viel wahrscheinlicher, dass in der Tiefe Ablösungen oder plötzliche Ortsveränderungen fast gleichzeitig auf grösseren Flächen stattfinden. Auch mehren sich thatsächlich die Angaben, welche auf eine ausgedehnte Gleichzeitigkeit des Stosses hindeuten. So hält es Whitney für erwiesen, dass bei dem grossen und höchst lehrreichen Erdbeben von Owen's Valley an der Ostseite der californischen Sierra Nevada am 26. März 1872 der Hauptschlag in der Richtung des Streichens der Sierra gleichzeitig auf der ganzen Strecke vom 34. bis zum 38. Breitegrade eingetreten ist, während die seitlich abgehende Undulation die Mitte des San Joaquinthales in 2—3 Minuten, jene des Sacramentothales in 3—4 Minuten und die Küste zwischen San Francisco und Los Angeles in 4—5 Minuten erreichte.[4]

Auch als am 2. März 1878 das ganze obere Penjâb sammt den angrenzenden Gebieten, von Banun, Kohát, Pesháwar und Ráwalpindi bis Lahore und Ferozpur, und bis über Simla hinaus erschüttert wurde, vermochte Wynne wesentliche Verschiedenheiten der Zeit des Stosses nicht aufzufinden, obwohl die äussersten Beobachtungspunkte in der Luftlinie 732 Kilom. von einander entfernt sind und der Bau des Untergrundes auf diesem weiten Gebiete ein sehr verschiedenartiger ist.[5]

Ebenso hat Heim für mehrere alpine Beben die gleichzeitige Aeusserung des Stosses auf grosse Entfernung hin nachgewiesen.

Das Erdbeben vom 4. Juli 1880 erstreckte sich von der Po-Ebene quer durch die Alpen bis in den Schwarzwald. Die grösste Erstreckung war beiläufig 305 Km. von Süd gegen Nord, nämlich von Vercelli bis Lenzkirch; quer darauf, von Genf-Annecy

bis Poschiavo-Chur, betrug die Ausbreitung etwa 280 Km. Hiebei werden folgende Zeiten angeführt:

Zürich	9ʰ 20′ —	St. Bernhardin	9ʰ 19′ 30″
Wattwyl (Toggenburg) . .	9ʰ 19′ 40″	Brieg (Wallis)	9ʰ 19′ 40″
Einsiedeln	9ʰ 20′ 30″	St. Leonhard bei Sitten (Wallis)	9ʰ 20′ 35″
Andermatt	9ʰ 20′ 47″	Genf	9ʰ 20′ 4″
Airolo	9ʰ 21′ 3″	Lugano	9ʰ 19′ —
Faido (Tessin)	9ʰ 20′ 3″		

Heim schliesst hieraus, dass die Ursache des Erdbebens vom 4. Juli 1880 nur in der gleichzeitigen und gleichartigen ruckweisen Bewegung eines sehr ausgedehnten Stückes der Erdrinde, nicht aber in einem localen, heftigen Anstosse liegen könne.[6]

Es sind also drei Beobachter in verschiedenen Welttheilen selbständig von einander zu demselben Resultate gelangt. —

Seitdem man nun begonnen hat, diesen Erscheinungen erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden, und seitdem die Verbreitung der Volksbildung und die Mittheilungen der Presse eine extensive Beobachtung möglich gemacht haben, zeigt es sich, dass in Mittel-Europa die seismischen Bewegungen der Erde ausserordentlich viel zahlreicher sind, als je zuvor vermuthet wurde. So hat Heim seit Organisation der Beobachtungen in der Schweiz vom November 1879 bis Ende 1880, das ist durch 14 Monate, 69 Erschütterungen der Schweizer Alpen nachgewiesen. Noch weit zahlreicher sind die Erdbeben in anderen Theilen der Erde, wie namentlich in Japan, wo Milne vom 19. October bis 31. December 1881, das ist in 73 Tagen in dem Landstriche zwischen Tokio und Kamaishi 36 verschiedene Erdbeben zählte.[7] Aehnlich verhält es sich gewiss auch in anderen vulcanischen Regionen, und dabei sind nicht etwa vorübergehende Phasen erhöhter seismischer Thätigkeit ins Auge gefasst, sondern, soweit wir die Sachlage zu beurtheilen im Stande sind, ein ziemlich normaler Zustand der Dinge. Auch handelt es sich hiebei nur um solche Erschütterungen, welche ohne besondere Instrumente wahrzunehmen sind. Ist es ja doch schon so weit gekommen, dass einzelne Beobachter meinen, die scheinbare Ruhe der Erdrinde sei für manche Landstriche nur ein durch die mangelhafte Beobachtung hervorgebrachter Eindruck; der Besitz hinreichend empfindlicher Instrumente aber

erweise für diese Landestheile einen Zustand andauernder Bewegung,[8] und dass Andere gar vermeinten, durch die ganze Masse des Planeten hindurch die südamerikanischen Erdstösse in den Schwankungen der Instrumente auf der Sternwarte zu Pulkowa wiederzuerkennen.[9]

Auf diesem Gebiete kann, wie auf anderen, nur aus einer thunlichst genauen Beobachtung der Erscheinung selbst die Förderung der Erkenntniss erwartet werden. Beben von mittlerer Stärke, bei welchen der Schrecken und die Verheerung nur mässig oder nur örtlich beschränkt sind, mögen ebenso werthvolle Ergebnisse liefern, als die schrecklichsten Katastrophen. Es muss eine hinreichende Anzahl verständiger Beobachter über das Land vertheilt und die Structur desselben muss in ihren Grundzügen bekannt sein. Da ferner die Verschiedenartigkeit der Bewegungen keine geringe und die Zahl der Fehlerquellen gross ist, wird es nöthig, eine möglichst grosse Anzahl von Beben auf einem umgrenzten Gebiete zu vergleichen. Es handelt sich also um vorbedachte und gegliederte Arbeit.

Zum Glücke ist solche Arbeit seit einigen Jahren da und dort in Angriff genommen worden. Die Schweizer Erdbeben-Commission verspricht nach den bisher veröffentlichten Heften einen wesentlichen Beitrag zu liefern. In den östlichen Alpen, in Italien und in Japan ist reger Antheil an solchen Untersuchungen erwacht, und es ist mit Bestimmtheit zu erwarten, dass binnen wenigen Jahren mit weit grösserer Sicherheit jene Fragen über den Zusammenhang des Baues der Erdrinde und ihrer Bewegungen werden besprochen werden, als ich es in den folgenden Abschnitten zu thun versuchen mag.

Schon aber stellen sich einzelne Erfahrungen deutlich genug heraus. Es sind vier Beispiele von Schüttergebieten gewählt, deren Natur eine verschiedene ist.

Das erste Beispiel sind die nordöstlichen Alpen; kein Vulcan ist vorhanden; nur die eigenthümliche Uebereinstimmung der Beobachtungen gestattet, hier nach wenigen Jahren der Arbeit schon eine Meinung auszusprechen.

Das zweite Beispiel ist das südliche Italien. Vulcane sind vorhanden, doch auf diesem engeren Gebiete nicht zu Linien

vereinigt; ihr Zusammenhang mit den Erschütterungen lässt sich jedoch erkennen.

Das dritte Beispiel ist das Festland von Central-Amerika. Erdbeben sind häufig, doch wenig gekannt. Die eigenthümliche Anordnung der Vulcane zeigt aber schon ohne Kenntniss von den Bewegungen die Lage der grossen Störungslinien an.

Das vierte Beispiel betrifft gewisse Vorkommnisse an der südamerikanischen Westküste. In diesem Falle soll eine besondere Frage, nämlich die von hervorragenden Autoritäten behauptete rhapsodische Erhebung des Landes bei Erdbeben, geprüft werden.

A. Die nordöstlichen Alpen.

Ein fast ununterbrochener steiler Abfall läuft, den Westrand des bayrischen Waldes bildend, gegen Passau herab, übersetzt dort die Donau gegen Süd, tritt unter Linz wieder auf die Nordseite zurück, greift zwischen Grein und Krems wieder, und zwar fast bis St. Pölten herüber und verläuft dann in nordöstlicher Richtung über Maissau und Znaim gegen Brünn. Dies ist der scharf gezeichnete Rand der böhmischen Masse. Oberhalb desselben liegen die waldigen und feuchten Hochflächen des nördlichen Theiles von Oberösterreich und des niederösterreichischen Waldviertels, der Manhart und das nordwestliche Mähren; sie bilden den äusseren Theil des Plateau's, welches sich weit durch das südliche Böhmen fortsetzt. Granit, Gneiss und alte Schiefer bilden fast ausnahmslos diese hochliegenden Gebiete.

Unterhalb des Randes liegt die Ebene, welche die böhmische Masse von den Alpen scheidet; die Donau gehört ihr an, so weit der Strom es nicht vorgezogen hat, streckenweise sein Thal in die südlich vorspringenden Felsmassen des alten Plateau's einzugraben. Diese Ebene ist in Bayern breit, verengt zwischen Ybbs und St. Pölten, dann abermals erweitert bis weit gegen Nordost.

Nördlich von Brünn treten devonische Gesteine von den Sudeten her an den Aussenrand; zwischen Leipnik und Weisskirchen berühren sich die äusseren Zonen der Karpathen und die devonischen Gesteine der Sudeten.

Der äussere Saum der Alpen und der Karpathen bildet, abgesehen von der Unterbrechung bei Salzburg und einer langen Unterbrechung zwischen dem Bisamberge bei Wien und dem Marsgebirge in Mähren, auf welcher Strecke nur da und dort ein Rest der Aussenzone sichtbar wird, — eine sehr stetige Curve. Diese verläuft von Laufen über Steyer, kreuzt die Donau westlich von Klosterneuburg und setzt sich östlich von Nikolsburg gegen Kremsier fort bis zu dem erwähnten Berührungspunkte mit dem Devon

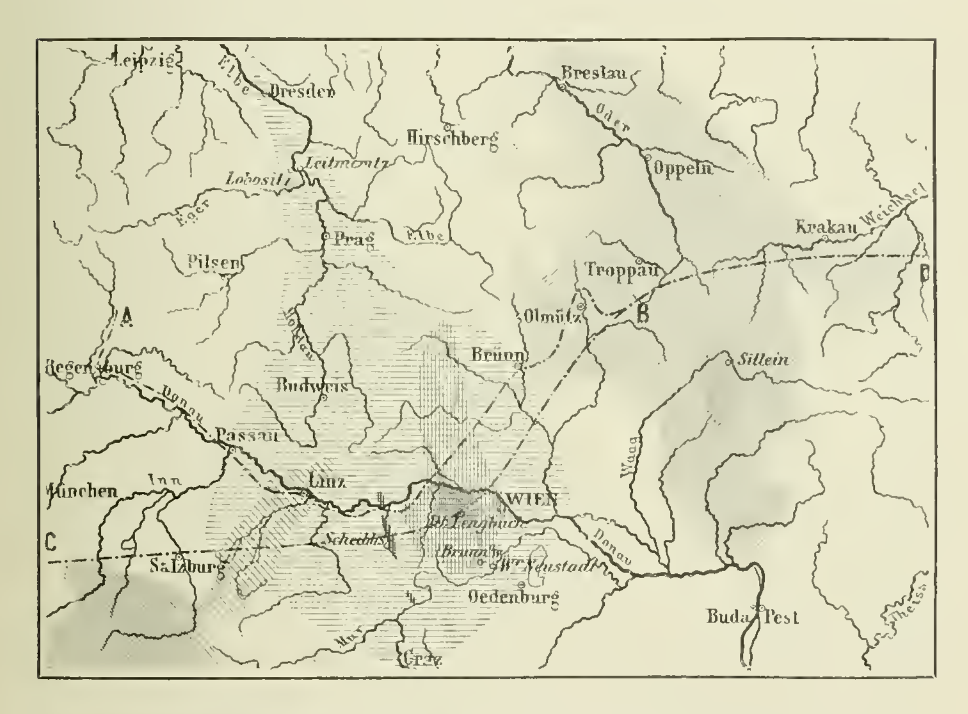


Fig. 3. Neuere Erdbeben in den nordöstlichen Alpen und den westlichen Karpathen.
A, B. Südrand der böhmischen Masse und des südlichen Theiles der Sudeten;
B. Berührungspunkt bei Weisskirchen;
C, B, D. Nordrand der Alpen und der Karpathen.

bei Leipnik und Weisskirchen. Dann weicht der Bogen über Neutitschein und Kenty bis gegen Wieliczka zurück. Dort stehen ihm die Höhen von Krakau gegenüber.

Wo dieser Saum nicht durch spätere Einsenkung unterbrochen ist, bildet er in der Landschaft einen ebenso hervorragenden Zug wie der Rand des Plateau's. Der Abfall ist nicht so steil wie jener des alten Gebirges, auch häufiger von Querthälern durchschnitten; er ist noch dichter bewaldet, und innerhalb desselben erhebt sich

in stufenweise erhöhten Zügen das Gebirge zu weit bedeutenderen Höhen und in unvergleichlich viel mannigfaltigeren Umrissen, als sie das geschlossene böhmische Plateau bietet.

Der Gegensatz in dem Baue und der Gesteinsfolge in diesen beiden Gebirgssystemen ist ein ausserordentlich scharfer, und die schmale Ebene, welche die beiden Ränder trennt, verhüllt uns ohne Zweifel eines der merkwürdigsten Störungsgebiete unseres Welttheils.

Die grösseren Erdbeben des äusseren Saumes der Alpen haben nun, soweit sie in neuerer Zeit bekannt geworden sind, ein eigenthümliches Streben gezeigt, sich quer über diese trennende Zone in das jenseits liegende Plateau fortzupflanzen.

Das Erdbeben von Sillein am 15. Januar 1858 hatte sein Maximum im oberen Waagthale in einem unregelmässig elliptischen, etwa von Nord gegen Süd gestreckten Raume, in welchen die Granitmasse des Minčowberges hineinragt. Der Schütterkreis dieses Bebens reichte, allmälig verengt, südwärts bis Gran an der Donau. Er verbreitete sich östlich bis Tarnow und westlich bis Brünn, erstreckte sich in unregelmässiger Weise durch einige Theile des Riesengebirges und einen grossen Theil der Sudeten und reichte gegen Nord bis Trebnitz nördlich von Breslau.[10]

Obwohl dieser Stoss aus dem Innern der Karpathen hervorging, hat sich die Erschütterung nicht nur quer durch die vorliegenden Ketten, über die Ebene und bis in das jenseitige Gebirge, nämlich das Riesengebirge und die Sudeten fortgesetzt, sondern es liegt sogar ein sehr beträchtlicher Theil des Schüttergebietes ausserhalb der Karpathen. Die grössere Axe desselben steht quer auf das Streichen des Gebirges.

Das Erdbeben von Neulengbach in Niederösterreich am 3. Januar 1873 äusserte sich am heftigsten in der Nähe des Aussenrandes der Alpen. Das Maximum befand sich in der Nähe des Hummelhofes bei Neulengbach, ganz knapp an dem äusseren Rande der Flyschzone. Die Grenze der verticalen Bewegungen und der ansehnlicheren Erschütterung umfasst ein Gebiet, welches die Gestalt eines Kreuzes hat. Die beiden kürzeren Arme liegen zwischen Königstetten und Pyhra in der Nähe des Randes der Flyschzone; senkrecht darauf reicht ein längerer Ast bis Hornstein

in die Alpen, also gegen Südost, während ein noch viel längerer Ast gegen Nordwest sich erstreckt, bei Preuwitz über die Donau setzt und durch das Kampthal aufwärts im Granitgebiete bis Wildberg bei Messern sich erstreckt. Die Grenze des Schüttergebietes überhaupt reicht gegen die Alpen nicht wesentlich über Hornstein hinaus, während er gegen Nordwest viel weiter, bis Meseritsch und Trebitsch in Mähren hinaus sich erstreckt.

Auch hier liegt die Axe des Schüttergebietes senkrecht auf dem Streichen des Gebirges, aber das erschütterte Gebiet liegt zum grösseren Theile ausserhalb der Alpen und erstreckt sich als lange Zunge in das Granitgebirge. Es ist das Bild einer Erschütterung, welche, vom Rande der Alpen ausgehend, in die entgegenstehende böhmische Masse hinein sich fortpflanzt.

Am 12. Juni 1874 wiederholte sich die Erscheinung an derselben Stelle, doch mit geringerer Intensität; diesmal reichte der Stoss gegen Nordwest bis Raabs und gegen Südost bis Klausen-Leopoldsdorf, drang also im Granit jenseits der Ebene abermals viel weiter vor als in die Alpen hinein, in welchen er nicht einmal die Flyschzone überschritt.

Es zeigt sich aber, dass dieselbe Stelle und dieselbe Fortpflanzungslinie auch in früherer Zeit zu wiederholten Malen heftig erschüttert worden sind, wobei das Maximum des Stosses bald knapp an dem Aussenrand der Alpen bei Lengbach, bald innerhalb der Alpen, bei Brunn unweit von Wr.-Neustadt, an der Kreuzungsstelle dieser Erdbebenlinie und jener Thermenlinie lag, welche die Senkung der Alpen von Neustadt bis in die Nähe von Wien begrenzt. Ueber dieses Senkungsfeld, welches mit Tertiärbildungen und flach aus den Alpen hervorgeschobenen Schuttkegeln bedeckt ist, gegen Süd hinaus hat man diese seismische Linie jedoch niemals verfolgt. Es sind vielmehr die auf dieser Linie eingetretenen Erderschütterungen stets gegen Nordwest in die böhmische Masse hinaus in Entfernungen fortgepflanzt worden, welche bei heftigen Stössen grösser, bei schwachen geringer waren, aber öfters über Prag hinausreichten, während in die Alpen hinein die Erstreckung stets eine viel geringere war und häufig mit localen, zuweilen für die Ortschaften verheerenden Zerrüttungen der jungen Ausfüllung des Senkungsfeldes bei Neustadt endeten.

Das Erdbeben vom 29. Juni 1590 auf dieser Linie reichte bis Iglau; jenes überaus heftige vom 15. September 1590, das heftigste, welches seit dem Bestehen ähnlicher Nachrichten von diesem Theile der Alpen ausgegangen ist, hatte auch sein Maximum in der Nähe von Neulengbach, reichte über Iglau mit grosser Stärke bis Prag und war noch in Leitmeritz sehr bemerkbar. Am 27. Februar 1768 erfolgte der Hauptstoss bei Brunn an der Thermenlinie und wurde Neustadt beschädigt; der Stoss lief auf derselben Linie gegen Nordwest und reichte über Iglau hinaus.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Wichtigkeit und die Beständigkeit der Linie und den Grad der Beständigkeit in dem Wesen der Erschütterungen zu ermessen. Diese Linie wurde die Kamplinie genannt.[11]

Als ausserhalb der Kamplinie, an dem Südrande des Senkungsfeldes von Neustadt, in Mürzzuschlag und am Semmering am 14. März 1837 ein heftiger Schlag erfolgte, blieb der Charakter des Schüttergebietes derselbe. Man konnte die Bewegung südwärts nur bis Bruck a. d. Mur verfolgen, während sie nordwärts über Prag bis Alt-Bunzlau beobachtet wurde.[12]

Weiter im Westen trat am 17. Juli 1876 ein ziemlich heftiges Erdbeben in der Umgebung von Scheibbs in Niederösterreich auf; das Maximum lag wie in Lengbach knapp an dem äusseren Rande der Alpen, und die Erschütterung war sehr heftig auf einem langen und schmalen Gebiete, welches von Scheibbs gegen Südsüdost bis Kindberg in Steiermark und gegen Nordnordwest über Scheibbs hinaus, bis Persenbeug am Rande der böhmischen Masse reichte. Das gesammte Schüttergebiet zeigt aber eine birnförmige oder flaschenförmige Gestalt, indem es in die Alpen nur bis Graz, gegen Ost bis Pressburg, gegen West bis Mondsee und Passau, gegen Nord aber mit allmälig sich verengendem Umrisse bis Dresden sich erstreckte. Noch in Lobositz an der Elbe läuteten die Glocken.[13]

Auch dieses Erdbeben erfolgte also quer auf das Streichen der Alpen und es reichte durch die ganze Breite der böhmischen Masse bis nach Sachsen.

In allen diesen Fällen, das ist bei allen Erdbeben, deren Ausgangspunkt in diesem Theile des Alpensystems lag und deren

Schüttergebiet genauer bekannt ist, mit Ausnahme einiger sehr untergeordneten und örtlich beschränkten Beben, ist die Erschütterung quer auf das Streichen des Gebirges erfolgt. Stets schien dieselbe vornehmlich einer mehr oder minder scharf begrenzten Linie zu folgen; es sind zu wiederholten Malen und mit verschiedener Intensität Beben auf derselben Linie aufgetreten, und der Stoss hat sich jedesmal weiter nordwärts in das gegenüber liegende archäische Plateau fortgesetzt, als südwärts in das gefaltete Kettengebirge, aus welchem er hervorging.

Der Grund dieser Uebereinstimmung ist heute noch nicht bekannt, aber ich halte die Ansicht für berechtigt, dass die Ursache dieser Erschütterungen eine gemeinsame sei, und dass die in diesen Erdbeben sich äussernde Kraft stets vorhanden ist und nur zeitweise zur Aeusserung gelangt.

Begibt man sich tiefer in die Alpen, so stösst man auf ausserordentlich verwickelte Verhältnisse. Auch das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873 hat sich, obwohl vom südlichen Rande der Alpen ausgehend, quer durch die ganze Breite der Alpen fortgesetzt und ist sogar über Linz und Freistadt bis in das archäische Plateau eingedrungen.[14]

R. Hörnes hat versucht, am Südfusse der Ostalpen vom Gardasee bis über Fiume hin eine Zone häufiger Erdbeben, gleichsam eine peripherische Linie, festzustellen, von welcher eine Anzahl von Stosslinien quer in die Alpen reichen soll.[15] H. Hoefer ist, von einer Vergleichung der Erdbeben in Kärnten ausgehend, zu dem Entwurfe eines Netzes langer Linien gelangt, von welchen ein Theil dem Streichen des Gebirges folgt.[16] Gerade dieses Stück der Alpen besitzt aber, wie sich weiterhin zeigen wird, einen sehr verwickelten Bau, und wir müssen von weiteren Studien Aufschluss darüber erwarten, welche dieser beiden Auffassungen der Wahrheit näher steht.

Dass es sich bei den transversalen Beben um eine horizontale und ruckweise Ortsveränderung eines Gebirgstheiles gegen einen andern handelt, wird von den neueren Beobachtern übereinstimmend angenommen. Die Art der Bewegung deutet auf steile Flächen, welche senkrecht auf das Streichen des Gebirges stehen; es ist das eine Form der alpinen Dislocationen, welche an späterer

Stelle als ‚Blatt' bezeichnet werden wird. Im Süden hat Hörnes versucht, das Erdbeben von Belluno unmittelbar auf sichtbare Verschiebungsflächen dieser Art zurückzuführen.[17] Bittner hat den Parallelismus der N. 15° W. streichenden zahlreichen Blattflächen des nordöstlichen Theiles der Alpen mit der Kamplinie betont.[18] Man wird aber darum nicht anzunehmen haben, dass solche Blattflächen sich bis in die jenseitige archäische Masse fortsetzen. Demnach wäre die weite Verlängerung der Schüttergebiete gegen Nord nur ein Phänomen der Fortpflanzung, ein Anzeichen der Richtung der Stösse, welche aus den Alpen hinaus erfolgt sind.

B. Das südliche Italien.

Wenn Jemand von den liparischen Vulcanen gegen das Festland oder gegen die sicilische Nordküste blickt, sieht er sich umgeben von steil abgebrochenen Massen uralten Gesteins. Gneiss oder Granit bilden den grössten Theil dieser Felsen, und die angelehnten Zonen von Schiefer und jüngeren Felsarten bis zum Flysch befinden sich auf der den Liparen abgewendeten Seite des Gebirges.

Gegen Nordost ist es der M. Cocuzzo, welcher dem tyrrhenischen Meere seinen steilen Abhang zuwendet; eine Scholle von transgredirendem Kalkstein krönt denselben; landwärts trennt den Cocuzzo das Längenthal des Crati von dem grossen Gebirgskerne der Sila. — Gegen Osten sieht man die aus Gneiss bestehenden Höhen des Cap Vaticano und die granitischen Klippen der Scylla, beides abgesunkene Fragmente des Aspromonte, welcher sich mit schroffem Abfalle über dieselben erhebt und gegen das östliche, jonische Meer hin mit jüngeren Gebirgszonen bekleidet ist. — Gegen Süd endlich, an der sicilischen Küste, sind die Ränder der alten peloritanischen Masse den Liparen zugewendet, deren älteste Granitmassen in dem nordöstlichen Theile der Insel zu Tage treten, während an ihrer abgewendeten Südseite, gegen den Aetna hin, sich die jüngeren Zonen des Aspromonte mit gewendetem Streichen fortsetzen.

So zeigen sich Aspromonte, vaticanische Höhen, Scylla und das peloritanische Gebirge von vorneherein als Trümmer eines einst zusammenhängenden Gebirgskernes, den heute die Strasse von Messina durchquert, und dessen hauptsächlicher Bruchrand an der Westseite des Aspromonte gegen die Liparen blickt.[19]

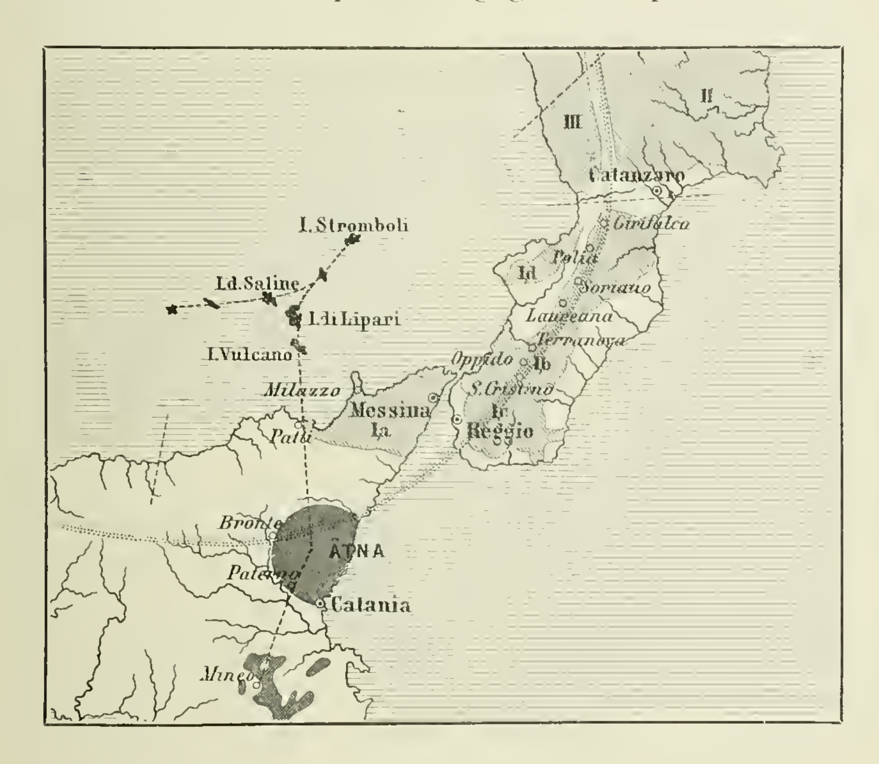


Fig. 4. Die peripherische Linie der Liparen.

Das vulcanische Gebirge ist durch dunkle, das Granit-, Gneiss- und Schiefergebirge durch lichtere Schraffirung angezeigt.

I. Die Bruchstücke der Masse des Aspromonte (Ia peloritanische Berge, Ib und Ic Aspromonte mit dem westlich vorliegenden Fragmente der Scylla, Id vaticanisches Fragment);
II. Masse der Sila;
III. Masse des Cocuzzo (seewärts abgesunken).

Dieser Bruchrand ist nun die Strasse gewesen, auf welcher im Jahre 1783 durch einige Monate die seismische Thätigkeit unter wiederholter Verschiebung des Maximums thätig gewesen ist. Schon im Jahre 1780 scheint die Serie dieser Vorgänge mit einem Ausbruche des Aetna begonnen zu haben, welchem bei Ali und Fiume di Niso an der sicilischen Küste heftige locale Stösse folgten; dann trat ein Ausbruch auf Vulcano ein, und am 5. Februar 1783 erfolgte der erste Hauptschlag an dem Bruchrande

des Aspromonte, bei Oppido und S. Cristina, wobei sich in langer und tiefer Kluft die jüngeren Tertiärablagerungen weithin von diesem Bruchrande ablösten. Die Erschütterung breitete sich gegen Süd, West und Nord, aber nur wenig gegen Ost, das ist über den Bruchrand hin, aus. Binnen wenigen Wochen wanderte bei unverkennbarer Verschiebung des Angriffspunktes der seismischen Thätigkeit das Maximum über Soriano und Polia bis Girifalco, nahe dem nördlichen Ende der Bruchlinie, fort und kehrte dann wieder nach Radicena bei Oppido, also in die Nähe des Ausgangspunktes zurück. Es ist eine dauernde Veränderung an dem Meeresstrande mit Ausnahme grosser Abgleitungen im Hafen von Messina nicht eingetreten.

Ein Vergleich mit anderen Erschütterungen in der Umrandung des südlichen tyrrhenischen Meeres lässt erkennen, dass die Linie von 1783 nur ein Theil einer grossen Curve, so ziemlich eines Kreisbogens ist, welcher die Liparen gegen Ost und Süd umgibt und durch zahlreiche Erschütterungen ausgezeichnet ist. Dieser Bogen läuft östlich vom M. Cocuzzo durch das Cratithal, und zwar über Luzzi bei Bisignano, Cosenza, Donnici und S. Stefano bei Rogliano nach Girifalco, dann längs der Dislocation des Aspromonte über Pezzoni, Soriano, Terranova, Oppido und S. Cristina, ferner jenseits der Meerenge südlich von der peloritanischen Masse über Ali zum Aetna, von wo aus er sich über Bronte und Nicosia zu den Madonien fortsetzen dürfte.

Ausser dieser peripherischen Linie ist in dieser selben Region eine Anzahl anderer Stosslinien bekannt, welche strahlenförmig von den Liparen ausgehen, auf welchen die Erschütterungen, so weit die Erfahrungen reichen, meistens von den Liparen gegen Aussen gerichtet sind, und welche zum Theile die peripherische Linie kreuzen und über dieselbe hinausgehen, zum Theile aber, und zwar insbesondere in der Nähe des Aspromonte, an dieser zu enden scheinen. Solche Linien laufen: gegen Nordost, von Amantea quer über die peripherische Linie und die ganze Halbinsel bis Rossano an der Ostküste, gegen Ostnordost in den Golf der S. Eufemia und über Catanzaro zur Ostküste, gegen Süd von Vulcano in den Aetna und von da gegen Südsüdwest nach Mineo, dann weit gegen Südwest über Palermo gegen Favignana.

Die Bogenlinie hat einen Radius von beiläufig 90—100 Km.; Cocuzzo, das vaticanische Cap, Scylla und das peloritanische Gebirge liegen innerhalb, Sila und Aspromonte ausserhalb derselben. Die Radiàllinien convergiren gegen die Liparen. Nun hat aber Fr. Hoffmann bereits im Jahre 1832 gezeigt,[20] und Judd hat es neuerdings bekräftigt,[21] dass innerhalb der Liparen, südlich vom Stromboli, an einer Stelle, welche wir annähernd als den Mittelpunkt der peripherischen Linie betrachten könnten, eine Gruppe von kleinen Inseln und Klippen liegt, deren Bau von jenem der übrigen Inseln abweicht. Denn während auf den anderen Inseln grössere und kleinere Kratere als die Anzeichen ebenso vieler Ausbruchstellen sich erheben, besteht diese ganze Gruppe nur aus den Trümmern eines einzigen gewaltigen Kraters, welchen Hoffmann als den Centralkrater der Liparen bezeichnet.

Von dieser unregelmässig ringförmig angeordneten Gruppe, das ist von den Inseln und Klippen Panaria, Basiluzzo, Dattilo, Lisca bianca mit der submarinen Fumarole, dann Bottaro, Panarella, Formiche und Lisca nera, laufen aber nach Hoffmann und Judd drei radiale Linien, welche mit den Ausbruchstellen der Liparen besetzt sind. Die erste geht gegen Westsüdwest über Salina, Filicuri und Alicuri, die zweite erst gegen Südsüdwest nach Lipari, dann gegen Südost durch Vulcano zur Solfatara auf Cap Calava, die dritte gegen Nordnordost durch den Stromboli.

Vergleicht man nun diese schon von Hoffmann auf einem Kärtchen verzeichneten vulcanischen Linien mit jenem Netze von Linien, welches lediglich aus den seismischen Angaben gewonnen wurde, so wird man die Folgerung wohl kaum zurückweisen können, dass diese radialen Vulcanlinien in irgend einer engen Beziehung zu den radialen Stosslinien stehen. Es haben aber bereits mehrere zuverlässige Beobachter eine Uebereinstimmung von gesteigerter Thätigkeit des Stromboli mit calabrischen Stössen wahrgenommen, so Athan. Kircher im Jahre 1638,[22] so auch Conte Ippolito,[23] Grimaldi[24] und die meisten Zeugen der grossen Erschütterungen von 1783. In gleicher Weise hat Ferrara an vielen einzelnen Beispielen einen Zusammenhang zwischen liparischen Ausbrüchen und Erschütterungen der sicilischen Nordküste zu erweisen gesucht.[25]

Man hat sich also wohl vorzustellen, dass in einem durch die peripherische Linie von 1783 abgegrenzten Raume die Erdrinde schüsselförmig sich einsenkt, und dass hiebei radiale Sprünge entstehen, welche gegen die Liparen convergiren. Diese convergirenden Linien sind in der Nähe dieses Centrums mit vulcanischen Ausbruchstellen besetzt. Jede Gleichgewichtsstörung der einzelnen Schollen verursacht gesteigerte vulcanische Thätigkeit auf den Inseln und Erschütterungen des Festlandes oder Siciliens.

Wird einmal dieser Vorgang der Senkung weiter vorgeschritten sein, so werden die niedrigen Gneissberge des vaticanischen Vorgebirges, die Granitberge der Scylla und ein guter Theil des peloritanischen Gebirges und der Madonien unter dem tyrrhenischen Meere begraben sein, welches dann den Bruchrand der westlichen Seite des Aspromonte nach gänzlicher Zerstörung der tertiären Vorlagen gerade so bespülen wird, wie es heute den westlichen Bruchrand des Cocuzzo bespült. Die Strasse von Messina wird erweitert sein, und von der heute noch aus den Trümmern erkennbaren Umbeugung der jüngeren Gesteinszonen des Appennin wird höchstens zwischen Ali und Taormina ein vereinzeltes Bruchstück aufragen, als das östliche Vorgebirge der wesentlich verkleinerten Trinacria, dem Geologen als ein schwer zu lösendes Räthsel.

Dass durch ähnliche Vorgänge in einer früheren Zeit die Abtrennung Sicilien's von Nord-Afrika sich vollzogen haben mag, wird sich aus einem folgenden Abschnitte ergeben. Für jetzt entnehmen wir diesen Erfahrungen, dass den Einbrüchen der Westseite des Appennin die Anlage von Radialspalten nicht fremd ist, und dass vermuthlich die grosse Anzahl von Ausbruchstellen in den Liparen ihren Grund eben in der Convergenz dieser Radialspalten und ihrer gegenseitigen Verschneidung hat. So mag auch der Untergrund der phlegräischen Felder beschaffen sein, und die Neigung zur Verlegung der Ausbruchstellen läge dann in der grösseren Beweglichkeit der keilförmigen Endstücke. Die beständigeren und höher aufbauenden Einzelvulcane liegen mehr gegen die Randkluft hin, vielleicht an den Durchschnittsstellen von radialen Sprüngen und dieser Randkluft.

C. Das Festland von Central-Amerika.

Die Vulcane des mittelamerikanischen Festlandes sind von den Feuerbergen von Quito ebenso selbständig, wie von dem bogenförmig gekrümmten Zuge vulcanischer Berge in den kleinen Antillen und von der quer über den Continent von West gegen Ost verlaufenden Reihe der mexicanischen Vulcane. Sie beginnen mit dem Vulcan Chiriqui in 8° 48′ nördl. Br., verfolgen eine nordwestliche Richtung bis zur Bucht von Fonseca, und von dieser an eine etwas mehr westnordwestliche Linie bis nach Socomusco in Mexico.

Man könnte also wohl von zwei Hauptzügen sprechen, welche unter einem stumpfen Winkel in der Bucht von Fonseca sich vereinigen, aber beide Züge haben die merkwürdige Eigenschaft gemein, dass die auf ihnen sich erhebenden, zum Theile riesigen Vulcane in vielen Fällen auf deutlich erkennbaren Querspalten stehen. Bald hat sich eine selbständige, meilenlange Querlinie gebildet, wie in der Reihe von Chiquimula im östlichen Guatemala, bald zeigt nur der Bau des Gipfels die Verschiebung der Ausbruchstelle, welche quer auf die Hauptlinie vor sich geht. Dieses Bestreben, die alte Ausbruchstelle zu verlassen, ist allgemein.

Die Hauptlinie folgt, insbesondere westlich von der Bucht von Fonseca, sehr nahe der pacifischen Küste; die Querlinien, auf welchen sich die eruptive Thätigkeit verschiebt, laufen aber mehr oder minder senkrecht auf diese Küste, und beinahe in allen Fällen ist der südwestlichste, d. i. der pacifischen Küste zunächst liegende Krater allein thätig.

Die Verschiebung erfolgt also auf kürzeren oder längeren Querspalten in der Richtung gegen das pacifische Meer. Dieser Vorgang ist aber um so bemerkenswerther, als er in gar keiner erkennbaren Verbindung mit dem Baue jener Bruchstücke älteren Gebirges steht, welche in dieser Region vorhanden sind.

Der südlichsten Ausbruchstelle, dem Chiriqui, folgt gegen Nordwest der Robalo, welcher noch nicht genauer untersucht zu

sein scheint, und hier trifft die vulcanische Hauptlinie auf die aus Granit und Syenit bestehende Cordillere von Talamanca. Aufgerichtete und gefaltete Schichten von miocänem Alter begleiten gegen Nord das granitische Gebirge, und gerade auf der Linie der Vulcane erhebt sich der Pico Blanco zu 3620 M. Er wurde selbst für einen Vulcan gehalten, bis Gabb ihn bestieg und zeigte, dass sein Gipfel aus einem Gang von altem Porphyr besteht, welcher aus dem abgewitterten Granit hervorragt.[27]

Die vulcanische Linie wird aber durch das Granitgebirge nicht abgelenkt, sondern es sind demselben Vulcane wie der Monte Lyon und wohl auch der Ujum aufgesetzt;[28] dann folgen die Vulcane Irazu und Turrialba, Zurqui, Barba und Poas.

Der Gipfel des Turrialba wird von Seebach als ein von Ostnordost gegen Westsüdwest, also quer auf die vulcanische Hauptlinie verlaufender Rücken geschildert und als ein Typus jener Vulcane, welche ihre Ausbruchstelle nach einer bestimmten Richtung verlegen. Die jüngste, zugleich, wenn man den Kraterboden vergleicht, niedrigste und heute noch thätige Ausbruchstelle liegt gegen Westsüdwest.[29] Gabb gibt die Höhe mit 3461 M. an.

‚In dem Poas,' sagt Seebach, ‚habe ich den complicirtesten Vulcan gefunden, von dem ich bisher gehört. Ein Zwillingsvulcan mit linear fortschreitenden Thätigkeitsaxen.... Merkwürdig ist bei allen diesen Gesellen, dass sie, falls eine Hauptrichtung vorhanden, schief auf der Hauptrichtung der Kette stehen. Nur der Zurqui, Rincon und Orosí machen eine Ausnahme.'[30]

Die Linie der grossen Vulcane erreicht nun den pacifischen Küstensaum und folgt demselben. Es erscheinen, um nur einige der wichtigsten zu nennen, Cuipilapa (Miravalles), Rincon de la Vieja, Orosí, im See von Nicaragua Omotepec, Zapateca u. A., dann Mombacho, die oft besprochene Gruppe des Masaya und Nindiri, dann der Momotombo. In der folgenden Ebene von Leon ragt eine grössere Anzahl von Kraterbergen empor. Vom Momotombo bis zum Viejo erheben sich in gerader Linie, und zwar auf der Hauptlinie selbst, Las Pilas, Orota, Santa Clara und mehrere ungenannte Kegel.

Die Vulcane von Axusco und Telica stehen ein wenig näher gegen das Meer und scheinen einer zweiten, der Hauptlinie

parallelen, also ebenfalls gegen Nordwest gerichteten Zone anzugehören.[31]

Der letztgenannte, Telica, ist nach Seebach ein quergestreckter Rücken mit fünf Krateren, von welchen wieder der westlichste es war, der zur Zeit von Seebach's Besuch im Jahre 1864 noch schwache Dämpfe ausstiess.[32]

Am 11. und 12. April 1849 hörte man in der Stadt Leon unterirdisches Grollen. Am 13. April Morgens bildete sich eine Oeffnung an dem Fusse des längst erloschenen Vulcans Pilas. Lavastücke wurden ausgeworfen und fielen frisch gegossenem Eisen ähnlich zu Boden. Es folgte diesem unregelmässigen Auswurfe das Hervorquillen eines grossen Lavastromes durch den Rest des Tages, und um diese Zeit war der Boden fast ohne Erschütterung. Am 14. April hörte die Lava auf zu fliessen und es begann eine lange Reihe stossweiser Eruptionen und das Hervorschleudern von Steinen. Squier, welchem ich diese Angaben entlehne, besuchte die Stelle am 22. April und fand den neuen Kegel 150 bis 200 Fuss hoch.[33]

Seither hat sich im November 1867 in der Nähe dieser Stelle noch ein neuer Vulcan gebildet. Der Bericht von Dickerson über diesen Vorgang ist so lehrreich, dass ich demselben einige Einzelnheiten entnehmen will.[34]

Am 14. November 1867, gegen 1 Uhr Morgens, begann die Erscheinung mit einer Reihe von Explosionen, welche in der Stadt Leon deutlich bemerkt wurden, die etwa 8 Leguas westlich von dieser Stelle liegt. Es entstand in der Erdrinde eine Spalte von ungefähr einer halben (engl.) Meile Länge, welche beiläufig in der Mitte zwischen den beiden Vulcanen Pilas und Orota von der vulcanischen Hauptlinie gegen Südwest abging. Schon vor dem Sonnenaufgange des 14. November sah man aus dieser Spalte an verschiedenen Orten Feuer hervortreten. Die Explosionen folgten einander bald in kurzen Zwischenräumen, bald je nach einer halben Stunde, aber das dumpfe Geräusch, das unterirdische Grollen war fast ununterbrochen. Nach einigen Tagen öffneten sich zwei Kratere auf der neuen, gegen Südwest laufenden Spalte, welche etwa 1000 Fuss von einander entfernt waren; der eine, gegen Südwest gelegen, warf vulcanische Massen in verticaler Richtung aus, der

andere, gegen Nordost, schleuderte sie schräge unter einem Winkel von 45° aus. Am 22. November wurden sie von Dickerson besucht; damals hatte der Hauptkrater bereits eine Höhe von etwa 200 Fuss und seine Oeffnung etwa 60 Fuss Durchmesser. Am 27. November Nachmittags begann der Vulcan nach einer Reihe der heftigsten Explosionen schwarzen Sand in grosser Menge und schwerere Felsstücke auszuwerfen. Am nächsten Morgen war weit und breit das Land mit einer Lage feinen schwarzen Sandes bedeckt und eine weite leuchtende Wolke goss einen Regen von Sand herab. Dieser Sandregen hielt bis zum Morgen des 30. November an, dann erlosch der Vulcan, welcher durch seine Ausbrüche erschöpft zu sein schien. So bedeckte der Sand alles Land in einem Halbmesser von mehr als 80 Km. Zu Leon war die Schichte 2/8 Zoll stark. Näher gegen den Vulcan hin stieg die Mächtigkeit der Schichte und die Grösse des Kornes. Auf eine englische Meile aus dem Krater stieg der Durchmesser des Kornes auf 3/8 bis 4/8 Zoll und die Mächtigkeit erreichte 1 Fuss. An der Basis des Kegels ist es nur ein Haufwerk von Blöcken von 4—5 Fuss Durchmesser.

Der Kegel selbst mass am Schlusse der Eruption 200 Fuss Höhe; der Durchmesser des Kraters war 200 Fuss und seine Tiefe ebenfalls 200 Fuss. Ein langes Band von Schlacken erstreckt sich gegen Nordost. Sechzehn Tage hatte der Ausbruch gedauert. Der Sand bestand aus Bruchstücken von Schlacke, Chrysolith und Feldspath. —

Dieser neue Kegel steht also abermals auf einer Querspalte; der hauptsächlichste Punkt der Thätigkeit, als welchen wir den Krater mit verticaler Wurfrichtung anzusehen haben, lag wieder gegen Südwest. Der fertige Kegel gleicht etwa dem Monte Nuovo bei Puzzuoli, indem er nur einen Ring von Auswürflingen darstellt und der Boden des Kraters nicht wesentlich höher zu liegen scheint als die umliegende Ebene. Ausserordentlich gross muss aber, nach dem Volum der ausgeschleuderten Massen zu urtheilen, der zurückgebliebene Hohlraum gewesen sein, und doch erzeugten diese grossen Massen nur einen Kegel von 200 Fuss Höhe. —

Kehren wir aber zurück zu der Verfolgung der vulcanischen Hauptlinie.

Jenseits des Viejo, aber wieder etwas seewärts, ausserhalb der Richtung der Hauptlinie, folgt nun der berühmteste Vulcan dieser Region, der Conseguina. Seine Eruption vom 20. Januar 1835 gilt, vielleicht nicht mit Unrecht, als die grossartigste und schrecklichste Erscheinung dieser Art in den letzten Jahrhunderten. So unermesslich war die Masse ausgeworfener Theile des Erdinnern, dass Dollfuss und Mont-Serrat, deren ausführliche Beschreibung der Vulcane von Guatemala und Salvador ich in dem Nachfolgenden vielfach benutzt habe, auf Grund einer Sammlung amtlicher Berichte dem von Asche und Bimsstein bestreuten Theile des Meeres von Ost gegen West eine Ausdehnung von 2000 Km. zuschreiben. In der ganzen Umgebung, noch in der Stadt S. Miguel, welche doch 80—90 Km. vom Conseguina entfernt ist, herrschte durch dritthalb Tage die vollste Finsterniss; die Aeste der Bäume brachen unter dem Regen von Sand und Asche und die Vögel fielen todt zu Boden. Selbst in der Stadt Guatemala, beiläufig 350 Km. von der Ausbruchstelle, war die Sonne durch einen dunklen Nebel getrübt und es dauerte daselbst der Aschenfall bis zum 31. Januar. Die Erschütterungen der Erdrinde aber waren so heftig, dass sie sich mit erschreckender Gewalt gegen Nordwest durch Guatemala bis nach Chiapas, gegen Nordost bis Jamaica und gegen Südost bis Bogota fortpflanzten.[35]

Wieder entsteht die Frage nach dem Ausmaasse des Hohlraumes, welchen dieser ausserordentliche Auswurf zurückgelassen haben mag. —

Conseguina bildet, seewärts vortretend, die südliche Abgrenzung der Bucht von Fonseca, in deren Hintergrund der unthätige Vulcan auf der Insel Tigré und an deren Nordrand der Conchagua sich erhebt, welcher nach langer Ruhe am 23. Februar 1868 ausbrach. Mit dem Conchagua beginnt der zweite, etwas mehr gegen West gerichtete Theil der mittelamerikanischen Vulcanenreihe.

Das nördliche Guatemala besteht, wie an späterer Stelle ausführlicher gezeigt werden wird, aus einem Bruchstücke eines einseitig gebauten Gebirgszuges, welcher gegen Ostnordost, ziemlich quer über das nordamerikanische Festland streicht und seine Fortsetzung in Jamaica und Haiti findet. Die nördlichste Zone

ist Kalkstein; ihr folgt eine Zone älterer Schiefergesteine, welche im Hintergrunde des amatischen Golfes und östlich von demselben das caraibische Meer erreicht; südlich von dieser taucht eine schmale Granitzone nördlich von der Stadt Guatemala hervor und folgt gegen Ostnordost eine Strecke weit dem Längenthale des Rio Grande. Alle südlicher folgenden Höhenzüge aber bis in die Nähe der Bucht von Fonseca und bis zu einem grossen Abbruche, welcher, schräge das Streichen des Gebirges durchschneidend, nahezu dem Verlaufe der pacifischen Küste folgt, sind aus einer Felsart zusammengesetzt, welche Dollfuss und Mont-Serrat als ‚*Porphyre trachytique*' bezeichnen. Der Kante und dem Gehänge dieses schrägen und der pacifischen Küste parallelen Abbruches sind die Vulcane von Salvador und Guatemala aufgesetzt.

Von diesen Vulcanen gelten aber alle jene eigenthümlichen Kennzeichen, welche die Linie vom Chiriqui bis zum Conseguina auszeichnen. ‚Man bemerkt in der That,' sagen Dollfuss und Mont-Serrat, ‚dass man es nicht mit einer Serie vereinzelter Vulcane zu thun hat, welche nach irgend einer mehr oder minder geraden oder gebrochenen Linie gereiht wären, sondern mit einer Aufeinanderfolge kleiner Systeme, welche von einander ziemlich unabhängig und nach Entfernungen geordnet sind, die zwischen verhältnissmässig ziemlich engen Grenzen schwanken. Jede dieser Gruppen ist von einer mehr oder minder beträchtlichen Anzahl von Kegeln und Krateren gebildet, die einen erloschen, die anderen noch thätig, gereiht nach einer geraden Linie, deren Richtung annähernd senkrecht steht auf jener der vulcanischen Hauptaxe.' . . . . Es scheint daher, als hätte sich an jeder Ausbruchstelle eine Spalte normal auf die Hauptspalte gebildet, auf welcher (Querspalte) die vulcanischen Essen stehen, eine nach der anderen gebildet durch einen fortschreitenden Gang der eruptiven Thätigkeit. Dass dieser Gang stets in einer bestimmten und unveränderten Richtung erfolgt sei, können wir nicht behaupten, aber wir bemerken dennoch im Vorübergehen und ohne für den Augenblick hieraus einen Schluss ziehen zu wollen, dass in vielen Fällen, wenn einer der Vulcane einer besonderen Gruppe noch thätig ist, derselbe an dem südlichen Ende des Systems steht.'[36]

Dem Conchagua folgt in der Richtung gegen Westnordwest auf der Hauptlinie der 2153 M. hohe thätige S. Miguel, bis zu welchem sich vom Conchagua ein weites Lavafeld hinzieht. An diesen reihen sich, ebenfalls auf der Hauptlinie, die kleineren Ausbruchstellen von Chinameca und der Vulcan von Tecapa, dann der S. Vicente (2400 M.), hierauf der See von Ilopango, aus dessen Mitte im Februar 1880 ein neuer Vulcan hervortrat. Rockstroh hat denselben anschaulich beschrieben.[37]

Den See umgeben steile Wände älteren Gebirges. Landeinwärts gegen Nordnordost liegt der kleine erloschene Vulcan von Cojutepeque.

Jenseits des Sees von Ilopango erhebt sich die vulcanische Gruppe von San Salvador, dann, ziemlich auffallend gegen das Meer vorgeschoben, der merkwürdige Izalco (21, Fig. 5).

K. von Seebach, dessen ausgedehnte Arbeiten in diesem Gebiete bisher nur in einzelnen, allerdings höchst werthvollen Bruchstücken in die Oeffentlichkeit gelangt sind, hat eine lehrreiche Beschreibung desselben geliefert.[38]

Dieser Vulcan ist, wie die genannten Ausbruchstellen bei Leon, wie der Jorullo und der Monte Nuovo, ganz in historischer Zeit entstanden, und zwar seit dem 29. März 1793. Er liegt gegen Südwest vor dem erloschenen Cerro Redondo und ist seit seiner Entstehung mit geringen Unterbrechungen thätig; durch viele Jahre hat er ebenso regelmässige rhythmische Eruptionen gezeigt wie der Stromboli. Er erhebt sich nach Seebach 597 M. über das Meer und 292 M. über den Boden der Kirche zu Izalco. Hieraus berechnet Seebach das Volum des Kegels mit 26·88 Millionen Kubikm. und bei fortwährend gleichmässiger Thätigkeit seit 1793 den Auswurf auf 0·7 Kubikm. per Minute. Thatsächlich dürfte das Volum der ausgeworfenen Massen jedoch noch weit grösser sein, weil bei heftigeren Ausbrüchen nur ein geringer Theil zum Aufbaue des Kegels dient und der Rest weit über Land und Meer hingetragen wird.

Eine genauere Vergleichung der jenseits des Izalco liegenden Vulcane wird erst nach Veröffentlichung von K. von Seebach's Arbeiten thunlich sein; einstweilen aber mag die beifolgende, nach Dollfuss und Mont-Serrat entworfene Skizze zeigen, bis zu welchem

Grade die Querspalten zur Entwicklung gelangen. Hier steht vor Allem die lange Reihe der Vulcane von Chiquimula (14—18) und jene von Cerro Redondo (12, 13), beide nur erloschene Kratere umfassend, auf der Hauptlinie dann der thätige Pacaya (11) und der hohe, durch den verheerenden Ausbruch von Wasser im Jahre 1541, wahrscheinlich den Bruch und die Entleerung eines Kratersees, bekannte Vulcan d'Agua. Es folgt die mächtig Querlinie des V. de Fuego (7, 8, 9) mit dem thätigen Schlunde an dem

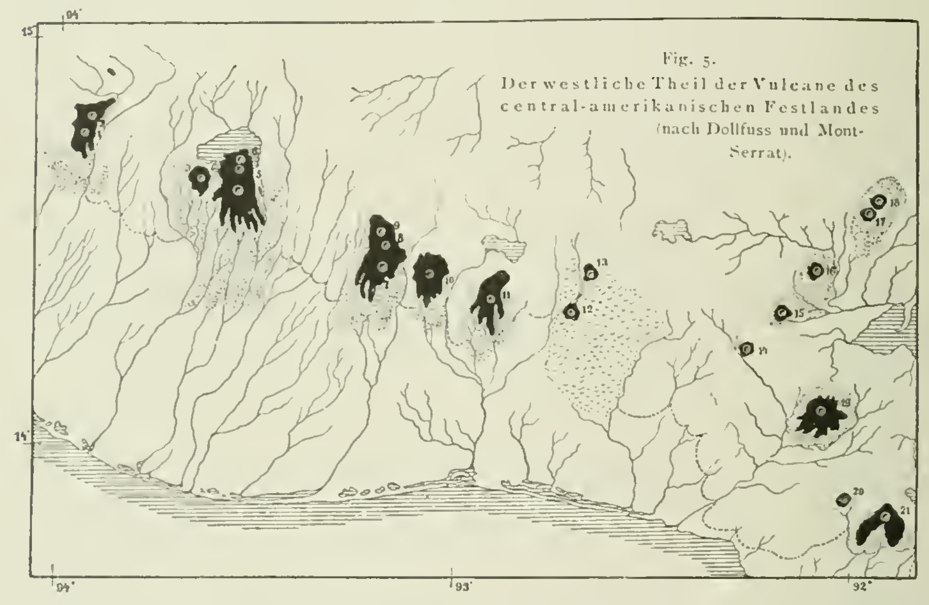


Fig. 5.
Der westliche Theil der Vulcane des central-amerikanischen Festlandes (nach Dollfuss und Mont-Serrat).

1. V. Sta. Maria; — 2. Cerro Quemado (3109 M., thätig); 1 und 2 bilden die Gruppe von Quezaltenango; — 3. V. S. Pedro; — 4., 5., 6. Gruppe von Atitlan (3573 M.; der Kegel 4, V. Atitlan ist thätig); — 7., 8., 9. Gruppe des V. de Fuego, 7. V. de Fuego (4001 M., thätig), 8. Acatenango (4150 M.); — 10. V. d'Agua (3753 M.); — 11. Pacaya (2550 M., thätig); — 12., 13. Gruppe von Cerro Redondo; — 14.–18. Reihe von Chiquimula, 14. Amayo, 15. Cuma, 16. V. de S. Catarina, 17. M. Rico, 18. Ipala; — 19. V. Chingo; — 20. S. Anna und 21. Izalco (thätig). Westlich von denselben die thätigen Thermen und Schlammkratere von Ahuachapam.

Folglich thätige Vulcane: 2, 4, 7, 11, 21.

Die punktirte Linie bezeichnet den Fuss des Gebirges. Die Vulcane sind von ihren Aschen und Laven, 12 und 13 von einem grossen Basaltfelde umgeben.

südwestlichen Ende, hierauf die ebenfalls riesige Gruppe des V. d'Atitlan (4, 5, 6), abermals mit der thätigen Esse am südwestlichen Ende, dann der erloschene V. S. Pedro (3), endlich an der mexicanischen Grenze die beiden Ausbruchstellen von Quezaltenango (1, 2), von welchen ausnahmsweise der vom Meere entferntere, nordöstliche Schlund thätig ist.

Auf der ganzen Linie von Chiriqui im Südosten bis zur Bucht von Fonseca und bis an die mexicanische Grenze im Nordwesten

wiederholt sich also oftmals die Erscheinung, dass die Vulcane entweder auf längeren selbständigen Querlinien stehen, welche die Hauptlinie in rechtem oder spitzem Winkel treffen, oder es zeigt sich in den einzelnen Vulcanen selbst das Bestreben, ihre Ausbruchsstelle quer auf die Hauptlinie zu verschieben, und zwar erfolgt diese Verschiebung, wie es scheint, in allen Fällen, mit Ausnahme des Cerro Quemado in der Gruppe von Quezaltenango im äussersten Nordwesten, in der Richtung gegen das pacifische Meer.

Diese Verschiebung erfolgt aber ziemlich rasch und sind im Laufe der letzten hundert Jahre bereits einige neue Ausbruchstellen in dieser Richtung geöffnet worden, abgesehen von den zahlreichen Erschütterungen des Bodens und den Ausbrüchen aus den bestehenden Essen, welche die, man könnte fast sagen, ununterbrochene Bewegung der Erdrinde in diesen Regionen verrathen.

In Bezug auf eine der heftigeren unter den neuen Erschütterungen, jene vom 19. December 1862 und den folgenden Wochen, hat P. Lizarzaburu die merkwürdige Erfahrung geschöpft, dass dieselbe nicht von einem einzigen Punkte, sondern von einem grossen Stücke der Hauptlinie, und insbesondere von dem Vulcan d'Atitlan, dem V. de Fuego und dem Izalco auszugehen schien. In der Nähe dieser drei Vulcane traten die grössten Verheerungen ein. Auf dem magnetischen Observatorium zu Guatemala begann die erste und heftigste Erschütterung am 19. December 1862 $7^h\ 25'$ pm. mit einem Stosse aus Südwest, das ist aus der Richtung zwischen Atitlan und Fuego, und es folgte sofort eine Bewegung aus Südsüdost, also beiläufig aus der Gegend des Izalco. Am 20. December trafen weitere Erschütterungen aus Südsüdost ein. Nach einer Unterbrechung bis zum 26. December erneuerten sich die Stösse aus Südwest, und diese hielten bis in die zweite Hälfte des Monats Januar an.[39]

Die Uebereinstimmung dieser Angaben mit den Beobachtungen über das Wandern der Stosspunkte auf der calabrischen Hauptlinie besteht vor Allem darin, dass in beiden Gebieten gleichsam unter unseren Augen grosse und zusammenhängende Bewegungen der Erdrinde sich vollziehen und noch weit grössere sich vorbereiten. Während aber in Calabrien die deutlichsten

Anzeichen dieser Vorgänge auf der peripherischen Randkluft hervorgetreten sind, zeigt sich in Mittelamerika auf der ganzen langen Erstreckung vom Chiriqui bis an die mexicanische Grenze, erst schräge über das Festland, dann längs der pacifischen Küste, von 8° 48′ bis gegen den 15. Breitegrad an zahlreichen Beispielen das Bestreben nach weiterer Ausbildung von Querspalten in der Richtung des pacifischen Oceans. Diese Querspalten dürfen möglicher Weise im Sinne von Radialsprüngen aufgefasst werden, welche entweder einem sehr grossen, zusammenhängenden, oder zweien, in der Nähe der Bucht von Fonseca zusammentreffenden Senkungsfeldern angehören. Der Vorgang würde dann bestehen in der Oeffnung von Radialsprüngen von aussen gegen innen. Dabei greift die längste dieser Radiallinien, jene von Chiquimula, weit über die sonst ziemlich deutlich ausgesprochene peripherische Zone hinaus.

Ein sehr grosser Theil der pacifischen Seite von Mittel-Amerika ist hier im Absinken begriffen. Dieses Absinken erfolgt quer auf das Streichen des aus Granit und geschichteten Felsarten bestehenden Kettengebirges, welches gegen Jamaica und Haiti hinüberstreicht, und lässt nicht den geringsten Zusammenhang mit der Structur dieses Gebirges erkennen.

D. Die Angaben über rhapsodische Erhebungen der südamerikanischen Westküste.

In Calabrien wurden bei heftigeren Erdbeben auf der Strasse liegende Steine in die Höhe geschnellt. Bei dem chilenischen Erdbeben vom 7. November 1837 soll ein Mastbaum, welcher mit seinem unteren Ende angeblich 10 Meter tief in die Erde versenkt und von eisernen Klammern festgehalten war, ohne Zerstörung der Oeffnung in der Erde aus derselben hervorgestossen worden sein.[10] A. v. Humboldt erzählt sogar, dass bei der Zerstörung von Riobamba im Jahre 1797 durch die ‚minenartige Explosion' des senkrechten Stosses viele Leichname der Einwohner auf den mehrere hundert Fuss hohen Hügel la Cullca, jenseits des Flüsschens von Lican, geschleudert wurden.[11]

Diese Erscheinungen gleichen in der That sehr wenig jenen Bewegungen der Erde, durch welche Gebirge erzeugt worden sind, und noch weit weniger jenen vermeintlichen ausgedehnten, gleichförmigen und langsamen Bewegungen der Erdfeste, welche als ‚continentale, säculare Schwankungen‘ bezeichnet werden. Sie deuten vielmehr auf plötzliches, locales Aufschnellen, vielleicht ein Aufprellen durch Entlastung. Dass sich dabei eine bleibende, wenn auch geringe Ortsveränderung gegen aufwärts vollziehe, ist von vorneherein gar nicht unwahrscheinlich, aber um so merkwürdiger ist die Thatsache, dass eine solche dauernde Veränderung zwar oft behauptet, aber bis heute kaum irgendwo mit hinreichender Sicherheit erwiesen ist.

Der bekannteste, in den Lehrbüchern am häufigsten angeführte, angeblich am sichersten nachgewiesene Fall betrifft die vermeintliche wiederholte Erhebung der westlichen Küste Südamerika's bei grossen Erdbeben. Diesen will ich versuchen, nach den vorliegenden Berichten zu prüfen.

Allerdings muss vorausgeschickt werden, dass gerade hier die äusseren Verhältnisse in besonderem Maasse geeignet sind, den Beobachter von vorneherein der Annahme wiederholter rhapsodischer Erhebungen günstig zu stimmen.

Zunächst erhebt sich parallel dieser durch so viele Breitengrade fast geradlinig verlaufenden Küste eine der grössten Vulcanlinien der Erde, und schon dieser Umstand konnte zu einer Zeit, in welcher die Ansichten über den Zusammenhang von Vulcanismus und Erhebung von den heutigen verschieden waren, einigen Einfluss auf das Urtheil üben.

Ferner ist diese Küste auf lange Strecken hin umgürtet von abgestuftem Schuttlande, in welchem über dem heutigen Meeresspiegel Conchylien angetroffen wurden. Diese Terrassen zeigen ohne Zweifel beträchtliche Veränderungen in der Lage des Strandes an, aber irgend eine ursachliche Verknüpfung mit den heutigen Erderschütterungen ist nicht ersichtlich; sie gehören einer vergangenen Zeit an und sollen an einer späteren Stelle als ein Theil einer noch sehr weit über den Schütterkreis dieser Beben hinaus verbreiteten Erscheinung besprochen werden.

Endlich ist der Fuss dieser Küste an vielen Stellen mit Küchenüberresten belegt, und diese sind sogar an manchen Orten heute noch in Ablagerung begriffen.

Als Darwin im Jahre 1835 diese Küsten besuchte, besass man nur wenig Erfahrungen über die ausserordentliche Verbreitung solcher Reste, und allerdings musste es im höchsten Grade befremden und konnte es von ihm immerhin nach den damaligen Erfahrungen als ein Zeichen junger Hebung angesehen werden, als er auf der Insel S. Lorenzo bei Callao, 85 Fuss über dem Meere, in einer Lage von Meeresconchylien einen Faden, Stücke von Flechtwerk und andere Spuren menschlicher Thätigkeit antraf.[42] Dana, welcher einige Jahre darauf die Stelle besuchte, hat dies bereits aufgeklärt.[43]

Bevor ich nun weiter an die Aufzählung der Berichte aus Südamerika schreite, mag an den Umstand erinnert werden, dass die seismischen Wellen des Oceans, so wie sie aufreissend und zerstörend über das Festland sich wälzen, so auch ausserordentliche Mengen von losem Sediment vom Meeresgrunde heben und fortbewegen. Nach der grossen Ueberfluthung von Callao am 28. October 1746 blieben auf den Trümmern der zerstörten Stadt grosse Haufen von Meeressand und Geröllen zurück.[44] Wo eine Insel die seismischen Wogen zertheilt oder wo sonst zwei seismisch erregte Strömungen sich treffen, entsteht auf diese Art leicht neues Land. Davon bietet Ostindien ein grosses Beispiel. An der Malabar-Küste wurde nördlich von Cochin im Jahre 1341 bei einem grossen Erbeben die Insel Vaypi aufgeworfen. Sie besteht aus Seesand und aus denselben Sedimenten, welche heute von den Ghâts in die flachen Districte von Malabar herabgetragen werden. Zugleich wurde das Gebiet der Mündung des Flusses Cochin gänzlich verändert, und so gewaltig war der Eindruck dieser Naturerscheinung auf die Hindus, dass sie von ihr eine neue Zeitrechnung ‚Puduvepa‘ (Neue Einführung) zählten.[45]

Nun kehren wir nach Südamerika zurück, und zwar zunächst zu den von Tschudi gesammelten Beobachtungen über angebliche wiederholte Hebung und Senkung des Landes um Callao.

Von den Küchenresten von Callao ist bereits die Rede gewesen. Ausser auf diese beruft man sich auf den Umstand, dass

die heute zwei Seemeilen vom Festlande entfernte Insel S. Lorenzo demselben bald näher gewesen sei, bald weiter von demselben abgetrennt. Im Jahre 1742 sei die Entfernung beiläufig dieselbe gewesen, wie heute; bei dem grossen Erdbeben von 1746 sei eine Versenkung der Stadt eingetreten; durch eine Hebung der Küste sei 1760 die Insel dem Lande wieder so nahe gebracht worden, dass die Jungen mit Steinen hinüberwerfen konnten. Zwischen der Insel und dem Festlande liege eine Untiefe, ‚Camotal' genannt, weil man einst auf ihr, als sie trocken lag, Camote, das ist Kartoffel gebaut habe.[46]

Es handelt sich hier um eine Landzunge zwischen S. Lorenzo und dem Festlande, welche bald, sei es durch langsame Verlandung oder durch plötzliches Hinwerfen von Sediment, gebildet, bald, vielleicht von einer darüber stürzenden seismischen Woge wieder durchrissen und zerstört wurde. Eine Schwankung des Festlandes folgt hieraus nicht. Die Berichte von 1746 sprechen auch nicht von einer Versenkung der Stadt, sondern beschreiben im Gegentheile deutlich das Heransteigen und endliche Hinstürzen der Meereswoge über das Land. —

Jene Angaben, welche die meiste Verbreitung gefunden haben, betreffen die Erschütterungen einzelner Theile Südamerika's in den Jahren 1822, 1835 und 1837.

Das Erdbeben vom 19. November 1822 schien seinen Ausgangspunkt nordöstlich von Valparaiso zu haben. Der massgebende Bericht über die gleichzeitige Erhebung des Landes ist ein Brief von Mrs. Maria Graham, welchen die geologische Gesellschaft in London veröffentlicht hat. Diesem Briefe zufolge schien es am nächstfolgenden Morgen, als sei die ganze Küste auf eine Erstreckung von mehr als 100 Miles über ihr früheres Niveau erhoben. In Valparaiso habe die Aenderung etwa 3 Fuss betragen, zu Quintero beiläufig 4 Fuss. Bei Hochwasser habe man das alte Bett des Meeres trocken gesehen, mit Austern und anderen Muscheln haftend auf dem Felsen, auf welchem sie gewachsen waren, jedoch todt und sehr üble Gerüche verbreitend.[47]

Spätere Beobachtungen von Dr. Meyen und Anderen übergehe ich, weil sie erst Jahre lang nach dem Ereignisse gemacht wurden und kaum Neues hinzufügen.

Den bestimmten Angaben von Mrs. Graham stehen aber ebenso bestimmte gegentheilige Angaben entgegen, deren wichtigste allerdings erst im Jahre 1835 veröffentlicht wurden; es sind dies Briefe von Capitän Belcher, Lieutenant Bower und dem bekannten Malacologen Cuming an dieselbe geologische Gesellschaft.[48]

Capitän Belcher bezweifelt, dass irgend eine Veränderung des Niveau's eingetreten sei, welche die dortigen Sondirungen beeinflusst hätte, weil bei den an der chilenischen Küste stationirten königlichen Schiffen keine Anzeige dieser Art eingelaufen sei, was gewiss geschehen wäre, wenn die Sache den ansässigen Engländern von Bedeutung erschienen wäre. Lieutenant Bower war im Februar 1823 in Valparaiso und hat dort Alles in demselben Zustande gefunden, wie ein Jahr zuvor, doch ist seit dem Erdbeben das Wasser allmälig zurückgetreten zwischen der Landungsstelle und dem Marktplatze, und es ist eine Reihe fester Gebäude errichtet, wo früher das Meer floss.

Herr Cuming war in Valparaiso vom Januar 1822 bis 1827 und mit wenig Unterbrechungen bis 1831. Er war Zeuge des Erdbebens; sein Haus wurde zerstört. Er hörte, dass das Meer sich zurückgezogen habe und mit grosser Macht wiedergekehrt sei; als er am nächsten Morgen an den Strand kam, bemerkte er die Wirkungen, sah aber in Bezug auf das Meer nichts als hohe Fluth. Er hat nicht von einer Erhebung der Küste oder von einzelnen Felsen gehört; weder er, noch seine Freunde könnten den Angaben Mrs. Graham's zustimmen. Er habe vor und nach dem Erdbeben und bis zum Schlusse seines Aufenthaltes an den Felsriffen der Bucht Fuci, Patellae, Balanen u. s. w. gesammelt, ohne jemals eine Aenderung wahrzunehmen. Die Ansicht, dass das Land sich erhoben hat, möge daher rühren, dass seit dem Erdbeben eine Anhäufung von Detritus an einer Stelle stattgefunden habe, welche vor dem Erdbeben von der Fluth erreicht wurde, und auf welcher Häuser und sogar kleine Strassen errichtet wurden. Der grösste Theil dieser Anschwemmung sei jedoch erst im Juni 1827, also fünf Jahre nach dem Erdbeben, durch heftige Regen erzeugt worden, welche den losen granitischen Boden der nächsten Gehänge herabtrugen.

Hienach halte ich die Discussion über den ersten Fall, das Erdbeben von 1822, für erledigt.

Der nächste Fall betrifft das Erdbeben von Concepcion vom 20. Februar 1835.

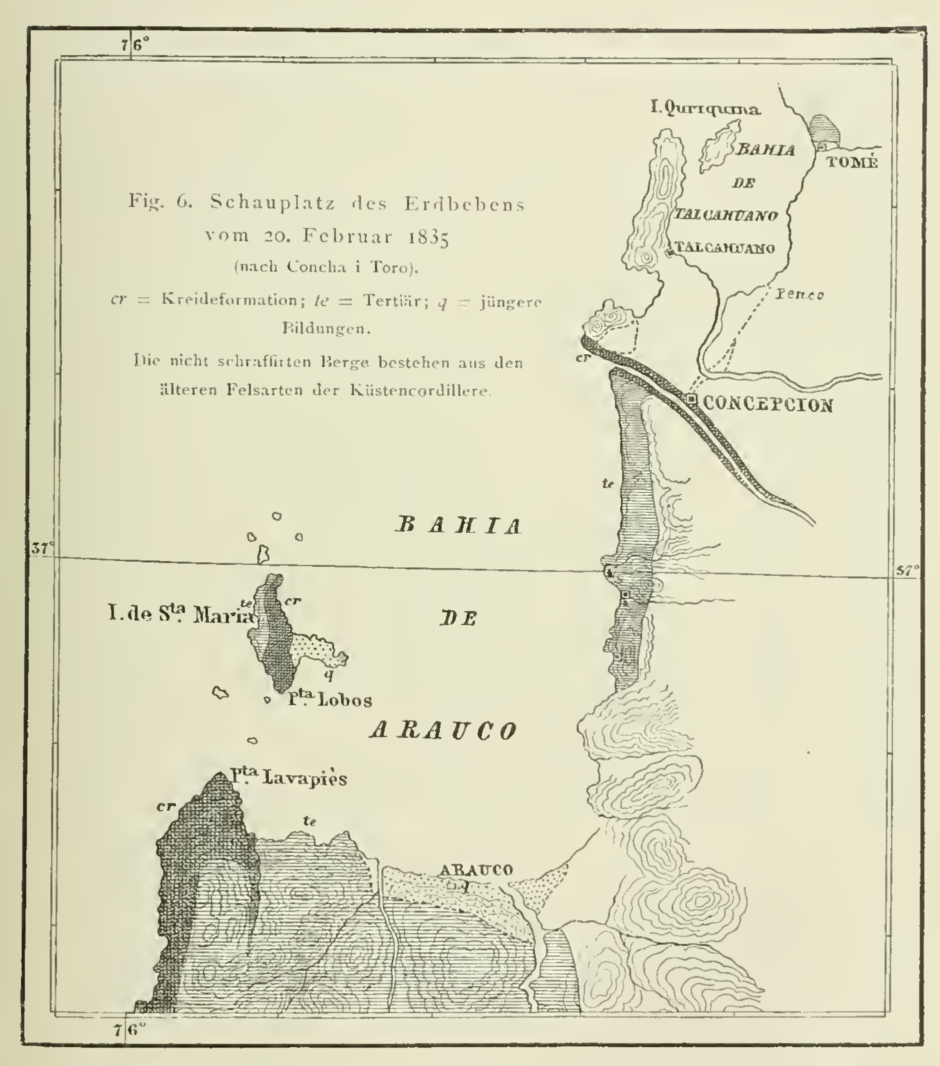


Fig. 6. Schauplatz des Erdbebens vom 20. Februar 1835 (nach Concha i Toro).

cr = Kreideformation; *te* = Tertiär; *q* = jüngere Bildungen.

Die nicht schraffirten Berge bestehen aus den älteren Felsarten der Küstencordillere.

Werfen wir zunächst einen Blick auf den Schauplatz der wichtigsten Begebenheiten. Enr. Concha i Toro hat den geologischen Bau desselben kürzlich beschrieben. Die Küste besteht hier, zwischen 36° 30′ und 37° 30′, aus den alten Felsarten der chilenischen Küstencordillere, auf welchen Schollen der Kreideformation, der Tertiärformation und von quaternären Ablagerungen liegen.[49]

Nördlich von der Stadt Concepcion liegt die Bahia de Talcahuano, auch Bucht von Concepcion genannt, an dem südöstlichen Ufer derselben die alte Hauptstadt Penco, gegen Nordost der baculitenreiche Grünsandstein von Tomè. Die Insel Quiriquina legt sich quer über einen grossen Theil der Bucht.

Gegen Südwest von Concepcion befindet sich die viel ausgedehntere Bahia de Arauco, westwärts begrenzt durch Punta Lavapiès, deren Fortsetzung die Isla de S. Maria bildet. Kreideschichten bilden die Meeresküste gegen P. Lavapiès hinaus und ebenso fortstreichend die Mitte der Isla de S. Maria; westlich von diesem Kreidestreifen besteht die Insel aus tertiären, östlich von demselben aus quaternären oder noch jüngeren Bildungen. Oestlich von P. Lavapiès mündet der Rio Tubul.

Capitän Fitzroy, in dessen Gesellschaft bekanntlich Ch. Darwin auf dem ‚Beagle' reiste, befand sich an dem verhängnissvollen Tage in Concepcion und hat einen anschaulichen Bericht über das Ereigniss erstattet.[50]

Dieser Bericht beginnt mit der Angabe, dass am 20. Februar 1835, um 10 Uhr Vormittags, die Bevölkerung überrascht wurde durch den ganz ungewohnten Umstand, dass sehr grosse Züge von Seevögeln sich landeinwärts bewegten. Um 11 Uhr 40 Minuten trat die erste Erschütterung in Concepcion ein, gleich darauf die allgemeine Zerstörung. Der Stoss schien aus Südost zu kommen. Das niedrige und lose Land wurde mehr zerrüttet und schien sich von den festeren Bergen zu lösen. In Talcahuano und Penco traten dieselben Erscheinungen ein.

Eine halbe Stunde nach dem Hauptstosse hatte sich das Meer so weit zurückgezogen, dass selbst Fahrzeuge, welche in 7 Faden ankerten, trocken lagen. Alle Felsen und Untiefen in der Bucht von Talcahuano waren sichtbar. Dann drängte sich eine ungeheure Welle durch die westliche Strasse zwischen Quiriquina und dem Festlande, bis zu 30 Fuss über Hochwasser Alles vor sich hinfegend. Es folgte eine zweite noch grössere und noch mehr brausende Woge, endlich nach einigen Minuten die dritte und mächtigste. Erschöpfung schien zu folgen. Erde und Wasser zitterten. Durch drei Tage noch ebbte und fluthete die See ganz unregel-

mässig und häufig. Einige Stunden nach dem Ereignisse stieg und fiel sie zwei- oder dreimal in der Stunde.

Oestlich von Quiriquina trat eine schwächere Welle ein. In derselben Zeit meinte man an einigen Orten jenseits Quiriquina und in der Bucht von S. Vincente rauchartige Eruptionen im Meere wahrzunehmen. Es folgte denselben ein Wirbel, als würde die See in eine Höhlung sich ergiessen.

‚*Durch einige Tage nach der Zerstörung,*' sagt Fitzroy weiter, ‚*stieg das Meer nicht bis zu den gewöhnlichen Marken, um 4 bis 5 Fuss vertical. Einige dachten, das Land sei gehoben worden, aber der allgemeine und vorherrschende Gedanke war, dass das Meer sich zurückgezogen habe. Diese Differenz verminderte sich allmälig, bis Mitte April nur eine Differenz von 2 Fuss zwischen den thatsächlichen und den früheren Hochwassermarken bestand.*'

Der Beweis, dass das Land sich erhoben habe, liegt in der Thatsache, dass die Insel S. Maria um 9 Fuss gehoben wurde.'

Die Erhebung des südlichen Endes dieser Insel betrug 8 Fuss, der Mitte 9 Fuss, des Nordendes 10 Fuss. Die Insel wurde zweimal besucht, Ende März und Anfangs April. Das erste Mal wurde die Erhebung von 8 Fuss ermittelt; später tauchten Zweifel auf und man kehrte nochmals zurück und bestätigte auf verschiedene Art die erste Beobachtung. Bei Tubul, am Festlande, betrug die Erhebung 6 Fuss.

So weit die wesentlichsten Angaben von Fitzroy; Darwin war zur selben Zeit in Valdivia.

Man ersieht hieraus, dass auf einer Linie von Tubul am Festlande nordwärts längs der Insel S. Maria sich Verschiedenheit zeigte, und zwar 6 Fuss in Tubul, dann steigend 8, 9 und 10 Fuss auf S. Maria; ferner, dass bei Talcahuana die Differenz anfangs 4 bis 5 Fuss betrug und sich bis Mitte April auf 2 Fuss minderte; ferner, dass auf S. Maria die letzten Beobachtungen Anfangs April gemacht wurden. In einem späteren Berichte sagt Darwin: ‚*Es erscheint aus den Untersuchungen des Capitän Fitzroy, dass sowohl die Insel S. Maria als Concepcion im Laufe einiger Wochen sich senkten und einen Theil ihrer ersten Erhebung verloren.*'[51]

Caldcleugh, welcher ebenfalls als Augenzeuge über diese Vorgänge berichtet hat, schreibt: ‚*Beide, Capitän Fitzroy und*

Capitan Simpson von der chilenischen Flotte, sind der Meinung, dass die Erhebung des Bodens sowohl auf der Insel als in Concepcion zur Zeit des Erdbebens bedeutend grösser gewesen sei, und dass die vielen folgenden kleineren Oscillationen eine Senkung bis zu dem oben genannten Niveau (8—10 Fuss) herbeigeführt haben mögen."[52]

Nicht lange nach Fitzroy, am 3. Mai 1835, ankerte Capitän Coste bei S. Maria; auch er fand 9 Fuss weniger Ankergrund als im Vorjahre. Am Ufer sah er auch ähnliche Spuren wie Fitzroy, stellte aber leider keine genaueren Messungen an.[53]

Zugleich mit den Berichten der Forscher des Beagle wurden der geologischen Gesellschaft ein Bericht von Don Mar. Rivero und ein Brief von Col. Walpole vorgelegt, welche sich Beide gegen jede in Chile während dieses Erdbebens vorgekommene Niveauänderung aussprachen.[54]

Selbst Ch. Lyell, der eifrigste Vertreter der Ansicht von der Erhebung des Festlandes, hat sich später zu der Bemerkung veranlasst gesehen, dass die geringe Höhe der alten Bauten von Penco über dem Meere geeignet sei, die Meinung über eine dauernde Erhebung dieser Küste zu beirren und einiges Licht auf die in den letzten Jahren geäusserte Meinung zu werfen, dass an der chilenischen Küste die Neigung vorhanden sei, nach jeder Erhebung allmälig wieder zurücksinken und in die frühere Lage zurückzukehren.[55]

Unter diesen Umständen sind aber alle Schlussfolgerungen, welche die Vertheidiger der Elevationstheorie gerade an diesen Fall geknüpft haben, hinfällig und drängt sich die Frage auf, ob diese vorübergehende und nicht beträchtliche Differenz nicht doch weit einfacher durch die überaus heftige Erschütterung des Meeres zu erklären sei. Zwischen P. Lavapiès und S. Maria tritt heute eine ansehnliche Strömung in den Golf von Arauco ein, um denselben nordwärts wieder zu verlassen; es bleibt die Frage, ob dieselbe für einige Zeit abgelenkt sein mochte, und ob etwa auch hiedurch eine vorübergehende Niveaudifferenz herbeigeführt werden konnte.

Die Angaben über eine weitere Erhebung des Landes während des Erdbebens von Valdivia am 7. November 1837 beschränken sich auf eine Mittheilung des Capitän Coste über die

Insel Lemus im Chonos-Archipel. Als dieser am 11. December desselben Jahres die Insel besuchte, traf er den Meeresgrund um mehr als 8 Fuss erhoben; Felsen, welche sonst stets das Meer bedeckte, waren entblösst, eine grosse Menge von in Zersetzung begriffenen Conchylien und Fischen bedeckte den Strand, welchen entwurzelte und vom Meere herbeigetragene Bäume in grosser Zahl umgaben. Capitän Coste sah darin Spuren entweder einer raschen Erhebung des Meeres oder von Oscillationen des Meeres.[56]

Diese letztere Frage aber scheint mir die entscheidende; es müsste vor Allem bekannt sein, ob wirklich Felsen, oder ob Sandbänke trocken gelegt wurden, und bis zu welchem Grade das Meer, welches die Bäume herbeitrug, auch durch herbeigeschlepptes Sediment etwa die Tiefe verringert habe. Auch bei diesem Erdbeben war die Bewegung des Oceans so bedeutend, dass auf den Gambier-Inseln, auf einzelnen der Tonga- und auf den Samoa-Inseln Hochfluthen eintraten. Auf Wawau in der Tonga-Gruppe wurde die ausserordentliche Erregung des Meeres durch 36 Stunden bemerkt.[57]

Es gibt aber an mehreren Punkten der westlichen Küste Südamerika's ältere Bauwerke, welche jeder beträchtlicheren Erhebung des Bodens von vorneherein widersprechen Die Grabhügel und Spuren alter Bauwerke, welche Bibra in der Algodon-Bay 40—50 Fuss über dem Meeresspiegel traf, führten diesen Beobachter zu demselben Schlusse,[58] und ebenso Dav. Forbes, als er an der bolivischen Küste zahlreiche indianische Tumuli kaum 20 Fuss über dem Meere sah.[59] Ja für Valparaiso selbst hat Darwin betont, es lasse sich aus den dortigen Bauwerken der Beweis führen, dass seit 220 Jahren die grösste mögliche Erhebung 15 Fuss nicht überschreiten konnte.[60]

Die berufenste Autorität in dieser Frage, Professor R. Philippi in S. Jago, hat schon vor Jahren in seiner Beschreibung der sogenannten Wüste Atacama hervorgehoben, dass er keine Thatsachen gefunden habe, welche auf eine neue, in historischer Zeit eingetretene Hebung dieser Gegend hinweisen würden, und hat seither ausdrücklich bemerkt, dass nach der gewaltigen Erschütterung von Arica am 18. August 1868 weder von der peruanischen

noch von der chilenischen Küste Berichte über Hebungen oder Senkungen des Bodens eingelangt seien.[61] Derselbe hat übrigens auf meine Bitte die Güte gehabt, nochmals Umfrage zu halten, und schreibt mir am 12. Juni 1882: ‚Leider haben meine diesfälligen Erhebungen kein Resultat gehabt. Es gibt noch gegenwärtig in Chile wenige Personen, die sich für wissenschaftliche Fragen interessiren, und im Jahre 1835 gab es deren noch weniger; die Hafencapitäne aber und die Seefahrer der damaligen Zeit sind längst todt. Ich muss wiederholen, dass mir keine neueren Erhebungen der chilenischen Küste bekannt geworden sind, aber ich habe in Talcahuano und Corral mehrfach erzählen hören, dass das Erdbeben von 1835 Veränderungen des Meeresgrundes hervorgebracht habe, und dass an einzelnen seichten Stellen, welche den Fischern wohlbekannt sind, die Höhe der darüber stehenden Wassersäule abgenommen habe. Diese Behauptungen der Fischer sind meines Erachtens kein vollgiltiger Beweis; diese Leute achten wenig auf bestimmte Daten, und es ist z. B. in dem Meerbusen von Corral leicht möglich, dass die Anschwemmungen des Valdivia-Flusses ein Seichterwerden des Meeres, und zwar ziemlich allmälig bewirkt haben, welches, als es sehr auffallend geworden war, dem erwähnten Erdbeben zugeschrieben wurde. Es gibt eine Menge Leute, auch unter den Gebildeten, die bei der Erklärung einer Erscheinung niemals die einfachste und natürlichste Ursache annehmen.‘

‚Auch vom Hafen von Ancud wird allgemein behauptet, sein Grund habe sich in Folge des Erdbebens von 1835 verändert; von einer Erhebung der ganzen Küste habe ich nichts gehört. Dies ist freilich kein Beweis dagegen, denn eine unbedeutende Erhebung derselben um wenige Fuss würde den Anwohnern kaum besonders aufgefallen sein. . . .‘

Nach einer ausführlichen Darlegung über Küchenreste und alte Strandlinien, welche an späterer Stelle besprochen werden sollen, sagt Professor Philippi weiters: ‚Offen muss ich gestehen, dass ich in Folge meiner Beobachtungen und Erfahrungen wenig geneigt bin zu glauben, dass die Anden und andere hohe Gebirge lediglich in Folge von vielen Tausenden solcher Erdbeben, die jedes den Boden um ein paar Zoll oder ein paar Fuss,

wenn es hoch gekommen wäre, emporgehoben hätten, entstanden sind.'

Dies führt uns zu den weittragenden Folgerungen, welche vor Jahren aus den Beobachtungen in Chile gezogen worden sind.

Das Erdbeben vom 20. Februar 1835 hat in der That die Anregung zu einer der bedeutendsten Schriften über die Erhebung der Gebirge gegeben, ja, fast möchte ich sagen, zu dem einzigen auf directe Beobachtung der Natur gestützten Versuche, die älteren Ansichten von der Kraft, welche die Gebirgsketten aufgerichtet haben soll, näher zu ermitteln. Ihr Verfasser ist Charles Darwin.[62] Es ist seit jener Zeit kein zweiter, oder doch kein Versuch von gleicher Bedeutung in dieser Richtung gemacht worden. Heute, nach fast einem halben Jahrhunderte, ist es wohl gestattet, anders über diese Fragen zu urtheilen und dennoch die Kühnheit der Verallgemeinerungen anzuerkennen, welche damals schon den grossen Meister verrieth.

Darwin sah die erwachende Thätigkeit der Vulcane während und nach dem Erdbeben; er glaubte die wenn auch ungleichförmige Erhebung des festen Landes zu sehen; er sah ferner die Terrassen längs der Küste. Er wusste aber auch, dass ähnliche Terrassen die Ostküste Südamerika's begleiten, wo es keine Vulcane und keine Erdbeben gibt. Die Erdbeben mussten daher seinem Auge als die örtliche Aeusserung einer allgemeinen Kraft erscheinen. Die säculare Contraction der Erde, welche damals schon von Einzelnen betont wurde, schien mit Recht Darwin vollständig ungeeignet, um jene intermittirenden Erhebungen zu erklären, welche die Terrassen ihm anzeigten, und so gelangte er zu dem Schlusse, *,dass die Gestalt der flüssigen Oberfläche des Erdkernes irgend welchem Wechsel unterworfen ist, dessen Ursache gänzlich unbekannt, dessen Wirkung langsam, intermittirend, aber unwiderstehlich ist'*.

Legen wir nun vor uns eine Karte von Südamerika und denken wir uns den grossen Continent von Nord nach Süd nach der Linie der grössten Länge, und ebenso von Ost nach West nach der grössten Breite in vier ungleiche Theile getheilt. Entnehmen wir ferner einem späteren Abschnitte hier schon die Thatsache, dass die Terrassen gegen Süd ihre grösste Entwicklung

haben, und sowohl an der Ostküste wie an der Westküste nordwärts abnehmen und endlich verschwinden.

Es zeigt sich nun, dass der südwestliche Theil Südamerika's, jener, der Chile umfasst und von dem hier vorzugsweise die Rede war, Vulcane bietet und Erdbeben und Terrassen; der südöstliche zeigt Terrassen, aber keine Vulcane und nur sehr selten Erdbeben; der nordwestliche hat Vulcane und Erdbeben, aber keine Terrassen; der nordöstliche hat Erdbeben, aber keine Vulcane und keine Terrassen.

Näher betrachtend sieht man, dass, wie schon gesagt wurde, die Terrassen im Sinne der Parallelen abnehmen und im Norden fehlen, dass dagegen die Erdbeben dem Hochgebirge folgen. Indem dieses gegen Nordost abschwenkt, zeigen sich auch im nordöstlichen Theile von Südamerika Erdbeben. Die furchtbaren Erschütterungen von Carácas erfolgten weit ausserhalb des Gebietes der Vulcane und der Terrassen.

Die räumliche Annäherung dieser Naturerscheinungen in Chile ist also nur ein Argument von geringer Stärke für ihre ursachliche Verknüpfung, und im Norden Südamerika's sind auch andere Ansichten über das Wesen der Erdbeben erwacht. In demselben Jahre 1835 erklärte Boussingault, dass die grössten Erdbeben der neuen Welt überhaupt nicht mit Eruptionen in Verbindung stehen. Ihr Ursprung müsse einem wahren Nachsinken *(un véritable tassement)* im Innern der Cordilleren zugeschrieben werden. ‚Diese Nachsenkungen der Cordilleren, welche nach ihrer Erhebung so häufig sein mussten, dauern in unseren Tagen noch an. Ich nehme nicht Anstand, ihnen die meisten der grossen Bewegungen zuzuschreiben, welche so oft die Berge erschüttern.'[93]

K. Fuchs sagt, dass, seitdem Erdbeben wirklich wissenschaftlich beobachtet und deren Erscheinungen und Folgen untersucht werden, sich unter vielen Tausenden von Erdbeben auch nicht ein Fall von Hebung zugetragen hat.[94] Gewiss ist es sehr auffallend, dass seit Jahren und bei der fortwährend sich steigernden Aufmerksamkeit für solche Fälle keine neuen Angaben über Erhebung des Landes aus Südamerika eingelaufen sind, und die von Fonck ausgesprochene Vermuthung, dass der Grund in der grösseren Entfernung der letzten Stosspunkte von der Küste zu

suchen sei, scheint mir durch die vorliegenden Beobachtungen nicht hinreichend unterstützt zu sein.[65]

Das Urtheil über die so oft behaupteten rhapsodischen Erhebungen des westlichen Südamerika sollte daher meines Erachtens folgendermassen lauten:

1. In Callao wurden irrthümliche Meinungen durch Küchenreste veranlasst; hier handelt es sich um wiederholte Anschwemmung und Abschwemmung einer Bank an der Landseite der Insel S. Lorenzo.

2. In dem Falle von Valparaiso 1822 wird von den berufensten Augenzeugen, wie Cuming, jede Veränderung der Strandlinie entschieden geläugnet.

3. Bei dem Erdbeben von Concepcion 1835 war die Bewegung der Wassermasse des Pacifischen Oceans so heftig, dass bald nach dem Stosse einige Fuss Landes am Strande trocken blieben; dies hielt nicht an; mehrere Wochen vergingen jedoch, bis das Gleichgewicht des Meeres wieder hergestellt war.

4. Ueber Valdivia 1837 liegen überhaupt keine genaueren Angaben vor.

5. Bei keiner der zahlreichen seitherigen Erschütterungen des westlichen Südamerika ist eine Erhebung des Landes bemerkt worden.

Anmerkungen zu Abschnitt II: Einzelne Schüttergebiete.

[1] R. Mallet and J. W. Mallet, The Earthquake Catalogue; Rep. Brit. Assoc. 1858, p. 28, 51.

[2] Edm. Naumann, Ueber Erdbeben und Vulcanausbrüche in Japan; aus den Mittheil. der deutsch. Gesellsch. f. Natur- und Völkerkunde Ost-Asien's, 15. Heft, gr. 4°, Yokohama, 1878, S. 4, 5.

[3] J. Milne, Notes on the great Earthquakes of Japan; Trans. Seismol. Soc. of Japan, 1881, III, p. 96—102.

[4] J. D. Whitney, The Owen's Valley Earthquake of March 26, 1872; Overland Monthly for Aug. and Sept. 1872, p. 273.

[5] A. B. Wynne, Notes on the Earthquake in the Punjab of March 2d, 1878; Journ. As. Soc. Bengal, 1878, XLVII b, p. 131—140.

[6] Alb. Heim, Die schweizerischen Erdbeben vom November 1879 bis Ende 1880; nach den von der Erdbeben-Commission gesammelten Berichten, 4°, Bern, 1881; S. 18—20,

[7] J. Milne, The distrib. of seism. Activity in Japan; Trans. Seismol. Soc. of Japan 1882, IV, p. 30.

[8] Rossi, Meteorologia Endogena, 8°, vol. II, 1882; Microsismologia.

[9] Nyrèn, Bull. Acad. Pétersb. 1877, XXIV, p. 567.

[10] L. H. Jeitteles, Bericht üb. d. Erdbeben am 15. Januar 1858 in den Karpathen und Sudeten, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, XXXV, 1858, S. 511—592 und Karte; Jul. Schmidt, Untersuchungen üb. d. Erdbeben vom 15. Januar 1858, Mittheil. geogr. Gesellsch. Wien, II, S. 131—203 und Karte; A. Kornhuber, Erdbeben vom 15. Januar 1858, besonders rücksichtlich seiner Verbreitung in Ungarn, Ber. des Vereins f. Naturk. in Pressburg, 1858.

[11] Die Erdbeben Nieder-Oesterreichs, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1873, XXXIII, S. 1—38 und Karten.

[12] Die Hauptquelle für dieses Beben ist eine Note in Poggendorff's Annal. Phys. Chem. 1837, 42. Bd., S. 685—690.

[13] Nach einer Sammlung noch ungedruckter Berichte.

[14] Bittner, Beitr. zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1874, Bd. 69, S. 6.

[15] R. Hoernes, Erdbebenstudien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1878, XXVIII, S. 387 bis 448 und Karte.

[16] H. Hoefer, Die Erdbeben Kärnten's und deren Stosslinien; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1880, Bd. 42, 2. Abth., S. 1—90 und Karten.

[17] R. Hoernes, Das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873; Mittheil. d. naturw. Vereins f. Steiermark, 1877, u. a. and. Orten.

[18] R. Bittner, Die geol. Verhältnisse von Hernstein in Niederösterreich. Mit Unterst. Sr. k. Hoh. des Erzh. Leopold herausgegeben von M. A. Becker, I, 4°, 1882, S. 308.

[19] Die Erdbeben des südlichen Italien, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, XXXIV, 1875, S. 1—32; wesentliche Ergänzungen der damals gegebenen Skizze des geologischen Baues finden sich in L. Burgerstein und F. Noë, Geolog. Beobachtungen im südlichen

Calabrien, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1880, Bd. 81, a, S. 154, mit Karte und Prof., in der ausführlichen Monographie der jüngeren Ablagerungen von G. Seguenza, Le formazioni terziarie nella prov. di Reggio, Atti della R. Accad. de Lyncei, 3. ser., VI, 1880. uud in E. Cortese, Sulla formaz. dello Stretto di Messina, Bollet. comit. geol. 1882, XIII, p. 4—39, tav. I, II.

20 Fr. Hoffmann, Ueber die geognostische Beschaffenheit der Liparischen Inseln, Schreiben an Herrn L. v. Buch; Annal. Phys. Chem. 1832, S. 81—88, Taf. IV.

21 J. W. Judd, Contributions to the Study of Volcanos, Geol. Magaz., Jan. 1875, insbes. p. 4 und 214 und das Kärtchen auf p. 7. In letzter Zeit hat Cortese folgende Spaltrichtungen angenommen: 1. Ostwest: Alicuri, Filicuri, Saline; 2. Nordost-Südwest: Stromboli, Panaria, n. Theil von Lipari; 3. Nordsüd: Lipari, Vulcano, Vulcanello; Cortese, Sulla cort. geol. dell' Isola di Lipari; Bollet. comit. geol. 1881, 2. ser., II, p. 502.

22 Ath. Kircheri Mundus subterraneus, Praef. und p. 240.

23 Cte Ippolito in Hamilton's Bericht; Philos. Transact. 1783, p. 213 u. folg.

24 Grimaldi, Descrizione de' Tremuoti accad. nelle Calabrie nel 1783; 8°, Napoli, 1784, p. 46.

25 Ferrara, Mem. Sopra i Tremuoti della Sicilia in Marzo 1823; 8°, Palermo, 1823, insbes. p. 23, 32 u. folg.

26 Es ist absichtlich unterlassen worden, jenes wunderbare System von radialen Sprüngen anzuführen, welches Rossi als vom Albauer Gebirge ausstrahlend beschrieben hat. Den Ergebnissen dieses emsigen Beobachters über Bewegung auf Spalten will ich gerne im Wesentlichen zustimmen, ebenso einzelnen Beobachtungen von Brüchen, wie insbesondere dem von Ponzi geführten Nachweise eines Bruches im Tiberthale in Rom selbst. Aber es scheint mir gerade nach Ponzi's Arbeiten kaum thunlich, auf Breislak's Meinung zurückzukommen, dass auf dem Forum selbst ein Vulcan sich befunden habe, und noch viel weniger dürfte es möglich sein, aus Erderschütterungen einzelne so nahe aneinanderliegende Linien mit nur einiger Sicherheit zu erkennen, namentlich nicht aus einer Erschütterung, welche alle zur selben Zeit getroffen hat. Die calabrischen Radiallinien sind von einander weit entfernt und sind zu ganz verschiedenen Zeiten selbständige seismische Stosslinien gewesen; M. St. de Rossi, Meteor. Endog., I, p. 200—238; Atti Accad. N. Lyncei, 1873.

27 W. M. Gabb, Notes on Costa Rica Geology; Americ. Journ. sc. arts, 1875, 3. ser., IX, p. 198—204, p. 320; Humboldt hielt den Pico Blanco für einen ‚ungeöffneten Trachytkegel' (Kosmos, IV, 1858, S. 307), M. Wagner für einen Vulcan (Naturw. Reisen im tropischen Amerika, 8°, 1870, S. 323 u. folg.).

28 Die Lage von Lyon und Ujum zum Pico Blanco ist gut ersichtlich auf der Karte in Petermann's geogr. Mittheil. 1877, XXIII, Taf. 18; für die nördlicher folgende Gegend bis zum See von Nicaragua mag die Karte von Frantzius, eb. das. 1869, XV, Taf. 5 dienen.

29 K. v. Seebach's Besteigung des Vulcans Turrialba in Costa-Rica; Petermann's geogr. Mittheil. 1865, XI, S. 322, Taf. IX. Das Vorland vom Fusse des Turrialba zum Golf von Nicoya wird von Attwood als gänzlich aus verfestigter Asche mit Zügen von Augit-Andesit bestehend dargestellt; es enthält die Gold und Silber führenden Gänge der Aguacate-Berge; Attwood, On the geol. of part of Costa-Rica, Quart. Journ. geol. Soc. 1882, XXXVIII, p. 328—339.

30 K. v. Seebach, Petermann's geogr. Mittheil. 1866, XII, S. 274.

31 A. Dollfuss et E. de Mont-Serrat, Voy. géol. dans les Républ. de Guatemala et de Salvador (Miss. scientif. au Mexique et dans l'Amér. centr., Géologie), 4°, Paris, 1868, p. 327.

32 K. v. Seebach, Petermann's geogr. Mittheil. 1866, XII, S. 273.

33 E. G. Squier, The Volcanos of Centr. America and the geogr. and topogr. features of Nicaragua; X. Ann. Meeting of the Am. Assoc. at New-Haven, 22. Aug. 1850. Aus der New-York Daily Tribune, 8°, 1850, p. 5, 6.

34 A. B. Dickerson, On the Volc. Eruption near the city of Leon, Amer. Journ. sc. arts, 1868, 2. ser., XLV, p. 131—133; auch vollinhaltlich abgedruckt bei Al. Perrey, Note sur les tremblements de terre en 1866 et 1867 (aus dem Bull. Acad. roy. Belg. 1868), p. 197—200 und bei Dollfuss et Mont-Serrat, p. 327—330.

35 Dollfuss et Mont-Serrat, p. 333—340.

36 Dieselben eb. das. p. 296, 297.

37 Edwin Rockstroh, Informe de la Commission scientif. del Instit. Nacion. de Guatemala nombr. p. et Sr. Ministro de Instrucc. Publ. para el Estudio de los Fenómenos volcán. en el Lago de Ilopango; 8°, Guatemala, 1880, 61 pp. und Karte.

38 K. v. Seebach, Ueber den Vulcan Izalco und den Bau der central-amerikanischen Vulcane im Allgemeinen; Nachr. v. d. kön. Gesellsch. d. Wiss. a. d. G. A. Univ. zu Göttingen, 1865, S. 521—547. Prof. v. Fritsch hat die ausserordentliche Güte gehabt, mir aus Seebach's Manuscripten eine Skizze der Umgebung des Izalco mitzutheilen. Dollfuss und Mont-Serrat ist sonderbarerweise selbst die Thatsache von Seebach's nicht sehr lange vorher unternommenen Besteigung dieses Vulcans unbekannt geblieben.

39 J. A. Lizarzaburu, Observaciones Meteorol. correspond. al anno de 1862, hechas en el Observat. del Seminario de Guatemala. (Aus der Gaceta de Guatemala.) 8°, 17 pp. Ich verdanke die Mittheilung dieser Beobachtungen Herrn Edw. Rockstroh in Guatemala.

40 Lettre de Mr. Gay à Mr. Arago; Comptes rend. 1838, VI, p. 833.

41 Humboldt, Kosmos, I, S. 210.

42 Ch. Darwin, Journal of Researches, 8°, 1839, p. 451 u. a. and. Ort.

43 Ch. Wilkes, U. S. Exploring Expedition, X, Geology by J. D. Dana, 4°, 1849, p. 591.

44 A True and Particular Relation of the dreadful Earthquake, which happend at Lima etc. p. 146. Von einer Hebung des Landes ist in diesem ausführlichen Berichte keine Rede.

45 Newbold, Summary of the Geol. of South. India; Journ. Roy. Asiat. Soc. 1846, VIII, insbes. p. 280 u. folg.; citirt: Thomson, Madras Journ. Litt. Science, Jan. 1837, p. 176, 177.

46 v. Tschudi, Peru, Reiseskizzen, 8°, 1846, I, S. 43—49.

47 Mrs. Maria Graham, An Account of some Effects of the late Earthquakes in Chili, extr. from a letter to H. Warburton Esq.; Transact. Geol. Soc. 1822, 2d ser., I, p. 413—415. Greenough hatte als Präsident dieser hervorragenden Gesellschaft in seiner Jahresadresse vom 4. Juni 1834 grosse Zweifel über diese Angaben ausgesprochen; es folgte eine selbständige Schrift: Mrs. Calcott (ehemals Mrs. Graham), Letter to the President and Members of the Geol. Soc. etc., 8°, London, 1834, welche aber keine neuen Thatsachen brachte.

48 Proceed. geol. Soc. 1838, II, p. 213; Capitän Belcher's und Mr. Cuming's Briefe wurden mitgetheilt in der Sitzung vom 2. Dec. 1835. Später hat E. Chevalier (in dem Reisewerke der Bonite und in einer Note sur la constit. géol. des envir. de Valparaiso et sur le soulèvement du sol de la côte du Chili, Bull. soc. géol. 1843, XIV, p. 396—401) auf Grund der Vergleichung der Sondirungen von Ulloa, 1744, und von Dupetit-Thours, 1837, ebenfalls jede wesentliche Aenderung in der Nähe von Valparaiso geleugnet, aber versucht, sogar alle Conchylien führenden, terrassirten Ablagerungen längs der Küste als Wirkungen seismisch erregter Hochfluthen darzustellen.

49 Don Enrique Concha i Toro, Estudio sobre el carbon fósil que se explota en Chile; Anal. Univ. Chile, 1876, p. 337—423 und 2 Taf.; auch Sievecking, Petermann's geogr. Mittheil. 1883, XXIX, S. 57—61.

50 (R. Fitzroy), Sketch of the Surveying Voyages of H. M. Ships Adventure and Beagle; Journ. Roy. Geogr. Soc. 1836, VI, p. 319—331. Noch weiter im Süden soll die Insel Mocha (38° 12') um 2 Fuss gehoben worden sein, doch scheinen die Nachrichten wenig bestimmt zu sein.

[51] Ch. Darwin, Geol. Observ. on the volc. Islands etc., 2[d] ed., 1876, p. 237; ebenso Domeyko, ‚Sin embargo, por las noticias recibidas posteriormente por Fitzroy, parece que desde entónces el mencionado puerto de la isla ha ganado multo en profundidad, i que toda esta parte de la costa de Chile que el terremoto de 1835 habia levantado, ha vuelto a bajar i hundirse en el mar'; Solevantamiento de la Costa de Chile, Anal. Univ. Chile, 1860, p. 576.

[52] Al. Caldcleugh, An Account of the great Earthquake experienced in Chile 20. Febr. 1835; Philos. Transact. 1836, p. 24.

[53] Capit. Coste, Comptes rend. 1838, VII, p. 706.

[54] In der Sitzung vom 4. Januar 1837. Man findet in den Proc. Geol. Soc., II, p. 179 eine Note von Lieut. Freyer über scheinbare Erhebung des Landes mit Bezug auf die Muschelbänke von Arica und die Insel S. Lorenzo bei Callao; p. 209 den ersten Bericht Fitzroy's über S. Maria und eine Mittheilung von R. E. Alison über diesen Gegenstand; p. 444 eine Abhandlung von Caldcleugh, und p. 446 eine andere von Darwin; dann ist der in der Zeitschrift ‚El Araucano' enthaltene Aufsatz von Rivero, endlich der Brief Col. Walpole's an Palmerston angeführt, welche beide Letzteren, wie gesagt, jede Erhebung oder Senkung des Bodens in Abrede stellen.

[55] Lyell, Princ. Geol., XI. ed., 1872, II, p. 156.

[56] Comptes rend. 1838, VII, p. 707.

[57] Dumoulin, Lettre à M. Arago; Coïncidence de date de quelques mouvements extraordinaires de la mer, observés dans l'Océanie, avec le tremblement de terre, qui en 1837 renversa la ville de Valdivia au Chili; Comptes rend. 1840, X, p. 835—837.

[58] v. Bibra, Die Algodon-Bay; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1852, IV, S. 75—116.

[59] D. Forbes, On the Geol. of Bolivia and S. Peru; Quart. Journ. Geol. Soc. 1861, XVII, p. 10.

[60] Ch. Darwin, Journ. Res. p. 452; Proc. Geol. Soc., II, p. 488. Die Kirche S. Augustin in Valparaiso widerspricht einer Hebung.

[61] Philippi, Die sogenannte Wüste Atacama; Petermann's geogr. Mittheil. 1856, S. 56, und brieflich in Hochstetter, Erdbeben von Peru und seine Fluthwellen.

[62] Ch. Darwin, On the Connexion of certain Volcanic Phenomena in South-America and the formation of Mountain Chains and Volcanos, as the Effect of the same Power by which Continents are elevated; Transact. Geol. Soc., V, 1838, p. 601—631, pl. XLIX.

[63] Boussingault, Sur les tremblements de terre des Andes; Ann. chem. phys. 1835, t. 58, p. 81, 85. Die angeführten Beispiele beziehen sich allerdings nur auf den Einsturz von Berggipfeln; die Ansichten über die Erhebung der Gebirge im festen Zustande und die Zusammensetzung der Ketten aus Schollen von verschiedener Grösse sind jedoch für die damalige Zeit sehr bemerkenswerth; siehe auch Humboldt, Kosmos, IV, S. 219, 490.

[64] K. Fuchs, Vulcane und Erdbeben, 8°, 1875, S. 178; ähnlich das anonyme Werk: Scepticism in Geology and the Reasons for it, 8°, London, 1877, p. 10 u. folg.

[65] F. Fonck, Las ajitaciones oceanicas causad. en les costas del Pacifico por el terrem. d. 13. agosto 1868; An. Univ. Chil. 1871, p. 302, 303.

DRITTER ABSCHNITT.

Dislocationen.

Zerlegung der Spannungen. — Dislocation durch tangentiale Bewegung. — Faltung. — Schuppenstructur. — Ueberschiebungs- oder Wechselflächen. — Verschiebungs- oder Blattflächen. — Torsion. — Dislocation durch radiale Bewegung. — Einsinken auf weichender Grundlage. — Flexuren und Verwerfungen. — Sprungnetze. — Kesselbrüche. — Dislocation aus vereinigter radialer und tangentialer Bewegung. — Rückfaltung und Einklemmung. — Vorfaltung.

Es hat sich in den letzten Jahren in Betreff der Bildung der Kettengebirge ein wesentlicher Umschwung der Meinungen vollzogen. Abgesehen von den vortrefflichen älteren Arbeiten Favre's, haben, um nur von Europa zu sprechen, Heim, Baltzer, Mojsisovics u. A. in den Alpen, Paul in den Karpathen, Credner im Erzgebirge, Lossen im Harz, M'Pherson in Spanien und viele Andere so wesentlich zu einer richtigeren und auf eine weitere Erfassung der Thatsachen begründeten Auffassung des Baues der grossen Kettengebirge beigetragen, dass es überflüssig geworden ist, auf eine Widerlegung der älteren Meinungen von der Erhebung der Gebirge einzugehen. Andererseits muss zugestanden werden, dass die neueren Anschauungen über die Bildung der Gebirge durch allgemeine Bewegungen, welchen gegenüber alle Felsarten in gleichem Maasse passiv sind, dennoch erst in ihren Grundsätzen feststehen. Die Einzelheiten der Vorgänge durch eine genaue Prüfung und Vergleichung einzelner Fälle zu ermitteln, ist die Aufgabe der nächsten Jahre. Jede genaue Untersuchung des Wesens irgend einer bestimmten Dislocation, jede gewissenhafte Darstellung irgend eines grösseren künstlichen Aufschlusses, wie das Gotthard-Profil von Stapff oder das Bötzberg-Profil von

Moesch, gewinnt hiedurch erhöhtes Interesse, und dankbar wendet man sich auch dem grossen Schatze älterer Beobachtungen von Neuem zu. So anerkenne ich hier gerne die vielfache Anregung, welche mir aus v. Carnall's nun bald fünfzig Jahre altem Buche über die Sprünge im Steinkohlengebirge zu Theil geworden ist. Ich nehme auch keinen Anstand, zu gestehen, dass bei allem Interesse für die vielfachen Versuche, die Erscheinungen des Bruches oder der Faltung künstlich hervorzubringen, mir für den Augenblick die Untersuchung entscheidender Punkte in der Natur selbst von weit grösserer Wichtigkeit erscheint. Der Querschliff irgend eines Brockens von gefaltetem Schiefer oder der genaue Riss irgend eines bergmännischen Aufschlusses, etwa wie Köhler's Skizzen aus dem westphälischen Steinkohlengebirge, führt uns unmittelbar dem Verständnisse einer Reihe von mechanischen Vorgängen näher, welche früher nur selten die verdiente Aufmerksamkeit gefunden haben.[1]

Die sichtbaren Dislocationen in dem Felsgerüste der Erde sind das Ergebniss von Bewegungen, welche aus der Verringerung des Volums unseres Planeten hervorgehen. Die durch diesen Vorgang erzeugten Spannungen zeigen das Bestreben, sich in tangentiale und in radiale Spannungen und dabei in horizontale (d. i. schiebende und faltende) und in verticale (d. i. senkende) Bewegungen zu zerlegen. Man hat daher die Dislocationen in zwei grosse Hauptgruppen zu trennen, von welchen die eine durch mehr oder minder horizontale, die andere durch mehr oder minder verticale Ortsveränderungen grösserer oder geringerer Gebirgstheile gegen einander erzeugt worden ist.

Es gibt weite Gebiete, in welchen die erste, und andere, in welchen die zweite Gruppe vorherrscht, und es gibt auch Strecken, in welchen beide gemeinsam erscheinen und ein innerer Zusammenhang zwischen beiden erkennbar ist, in welchen daher die räumliche Zerlegung eine minder vollständige gewesen ist. Dieser wesentliche Unterschied in den Bewegungen der Lithosphäre ist aus einer Vergleichung der Structur der alten Welt deutlich erkennbar; er ist auch den amerikanischen Geologen nicht entgangen. Die geologische Provinz des Great Basin, sagt Clarence King, hat zwei verschiedene Typen dynamischer Thätigkeit

erlitten: einen, in welchem sichtlich tangentialer Druck der hauptsächliche Factor war, und welcher Contraction und Faltung erzeugte, wahrscheinlich in postjurassischer Zeit; einen anderen von streng verticaler Thätigkeit, wahrscheinlich innerhalb der tertiären Epoche, in welcher wenig Beweise oder Spuren von tangentialem Drucke vorhanden sind.[2]

Unsere Fachgenossen jenseits des Oceans sind sogar um ein gutes Stück weiter gegangen. Schon im Jahre 1875 sprach Gilbert bei der Vergleichung der gefalteten Appalachien mit den gesenkten Basin Ranges die Vermuthung aus, dass in den Appalachien die bewegenden Ursachen oberflächlich, in den Basin Ranges tiefliegend seien.[3] Wir werden Gelegenheit haben, aus dem Verhalten der Alpen gegen ihr nördliches Vorland zu entnehmen, bis zu welchem Grade diese Vermuthung in Europa Bestätigung findet. Es mag jedoch schon an dieser Stelle erwähnt werden, dass in der Regel nur die Dislocationen der zweiten Gruppe von vulcanischen Ausbrüchen begleitet sind.

Aus diesen allgemeinen Betrachtungen ergeben sich die Grundsätze, nach welchen die Terminologie der Gebirgsstörungen zu ordnen ist.

A. *Dislocation durch tangentiale Bewegung.*

Wir beginnen nun mit jenen Bewegungen, welche aus tangentialen Spannungen hervorgehen.

Die einfachste und unmittelbarste Folge einer annähernd horizontalen Bewegung der obersten Theile der Erde ist das Entstehen langer Falten, deren Sättel eine Strecke weit hinstreichen, dann allmälig verflachen und durch andere Sättel abgelöst werden, welche parallel und mehr oder minder abwechselnd stehen. Wohl mag auch einmal ein Sattel sich in spitzem Winkel spalten. Solche Falten werden gestaut durch entgegenstehende Hindernisse, und ihr Streichen krümmt sich dann im Sinne der allgemeinen Bewegung nach vorwärts. Der mittlere Theil des Juragebirges ist ein seit lange bekanntes, treffliches Beispiel für diesen Fall.

Faltung erscheint in den verschiedensten Formen und in den verschiedensten Felsarten und Höhen. In den gebänderten

Menilit-führenden Schiefermassen, welche in Mähren den äusseren Saum des westlichen Endes der Karpathen begleiten, sieht man Faltungen von der Regelmässigkeit eines schematisirten Modells. Wer die Wände des Axenberges an dem Vierwaldstättersee gesehen hat, wird erstaunt gewesen sein über die unentwirrbare Verknetung der Kalkbänke. Auf Höhen, welche die höchsten Gipfel der Alpen weit überragen, treten im Himalaya gewaltige

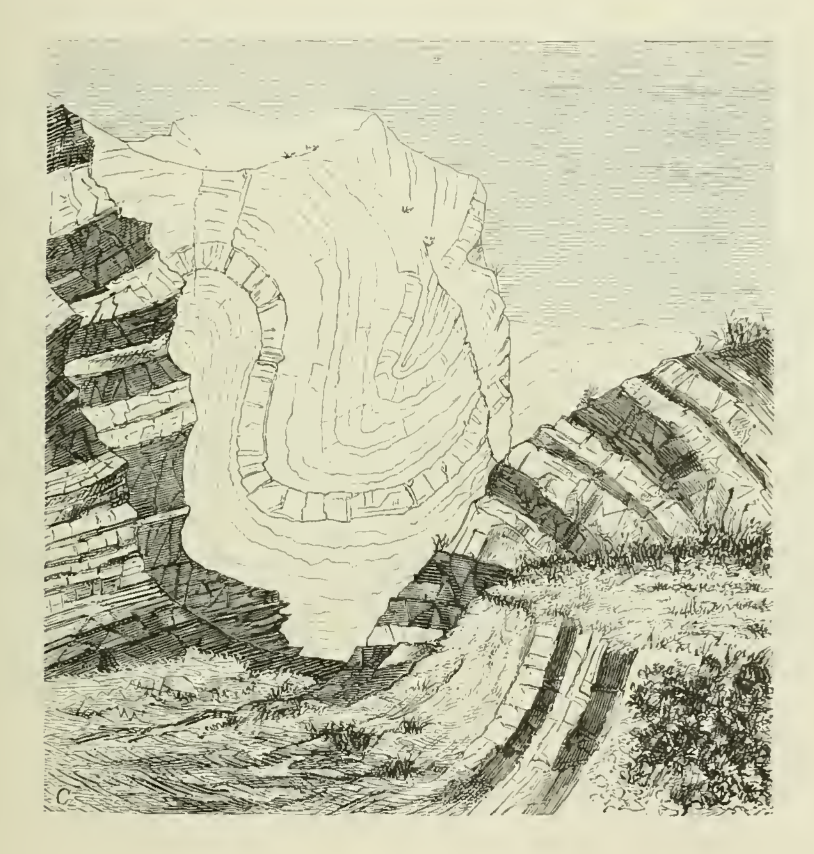


Fig. 7. Gefalteter Menilitschiefer. Wolfsgraben bei Nikolschitz, Mähren.

Falten auf. Der Faltenbau der Appalachien ist in seiner grossartigen Einfachheit der Ausgangspunkt von wichtigen tektonischen Arbeiten in Amerika schon zu einer Zeit gewesen, als in Europa noch jeder grössere Faltensattel als eine selbständige Erhebungslinie angesehen wurde.

Staut sich die faltende Masse in sich selbst, so thürmt sie sich zu Luftsätteln auf, welche wohl auch gegeneinander geneigt sein mögen. Die Luftsättel, welche Kauffmann vom Pilatus, Escher

vom Säntis, v. Richthofen vom Formarinsee in Vorarlberg, Lotti in den Apuanischen Alpen beschrieben haben, zeigen verschiedenartige Abänderungen dieser Erscheinung.

Es ist ganz richtig, dass, wie Heim hervorhebt, bei gleicher Bewegung Falten entstehen können, welche nach entgegengesetzten Himmelsrichtungen geneigt sind, dass also z. B. in einem nach Nord bewegten Gebirge nach Nord geneigte und auch



Fig. 8. Ueberbogene Falte auf der Höhe des Manirang-Passes, Himalaya. Nach einer von F. Stoliczka mitgetheilten Photographie.

nach Süd geneigte Falten auftreten können, und wohl eben so richtig, dass als der erste Anlass für die Neigung eines solchen Luftsattels die Höhe des Fusspunktes der Faltung angesehen wird.[4] Aber die Erfahrung lehrt, Thurmann hat es vor Jahren im Jura gezeigt und Heim selbst bestätigt es an vielen Stellen seines inhaltreichen Werkes, dass die übergrosse Mehrzahl der geneigten Falten eine und dieselbe Neigung hat, so zwar, dass der Scheitel der Falte gegen aussen, die folgende Mulde gegen innen, in dem

grössten Theile der Alpen also der Sattel gegen Nord, die Mulde gegen Süd gerichtet ist. Dieser Umstand ist es auch, welcher der von B. Studer ausgesprochenen Regel zu Grunde liegt, dass die C-förmig gekrümmten Schichten in den Schweizer Alpen die offene Seite nach aussen kehren. Das grösste und merkwürdigste Beispiel von Einfaltung und Ueberfaltung bieten die von Heim und Baltzer so eingehend dargestellten Beziehungen der Trias und des Jurakalkes zum Gneiss an dem Nordabhange der Finster-Aarhorn-Masse.[5]

Der Gipfel der Jungfrau besteht 800 M. hoch aus überschobenem Gneiss; unter demselben sind die schroffen Abstürze

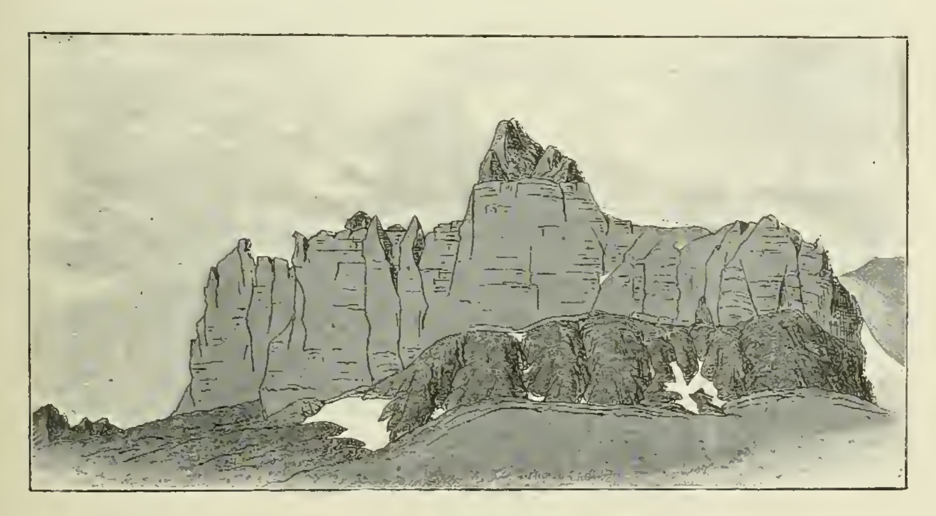


Fig. 9. Gipfel des Gstelli-Hornes, Masse des Finster-Aarhorn, gesehen vom Laucherli.
Zwei Gneissbänder, von welchen eines die Spitze des Hornes bildet, und zwei von Trias eingefasste Bänder von Jurakalk.

der Nordseite aus jurassischem Kalkstein gebildet, welcher in zwei grossen synklinalen Falten eingeknetet ist in den Gneiss, und unter den Wänden von Jurakalk tritt wieder der Gneiss hervor. Der höher liegende der beiden jurassischen Keile dringt aber, sich fortwährend verengend, 3 Km. tief in die Gneissmasse ein, während der tiefere stumpf endet. Es setzt sich ostwärts an dem ganzen Nordabhange des grossen Gebirgsstockes unter verschiedenen Abänderungen diese Ueberfaltung fort. Herr Baltzer hat die Güte gehabt, mich von Hof bei Meyringen auf den Urbachsattel unter dem Gstelli-Horn zu führen, wo fünf liegende Falten von Gneiss, zum Theile von Triasformation umgürtet, in den

Jurakalk eingreifen. Das steile, durch Erosion abgetrennte Gstelli-Horn besteht aus einer Kuppe von Gneiss, welche ein Theil des obersten, fünften Gneisskeiles ist, unter dieser Kuppe aus einer eingefalteten Masse von Jurakalkstein, welche schroffe Wände bildet und an deren oberer und unterer Grenze Baltzer Spuren der Triasformation fand, dann unter diesen Wänden wieder aus Gneiss, nämlich aus einem Theile des vierten Keiles. Es ist eine Stelle von wunderbarer Klarheit, und Baltzer's Darstellung gibt ein vortreffliches Bild von den hier in all' ihrer Grossartigkeit vor das Auge gerückten Knetungen der festesten Felsarten.

An den Enden der langen und schmalen Kalkfalten, welche mit Recht als ‚ausgewalzte' Synklinalen angesehen werden, hat der auf den Jurakalkstein geübte Druck, verbunden mit einer horizontalen Verschiebung der Theile, den höchsten Grad erreicht. An solchen Stellen geschieht es, dass einzelne Kalkstücke, abgequetscht von der Hauptmasse, vereinzelt im Gneiss getroffen werden. Ebenso sind Gneissstücke in den Kalkstein gerathen.

An denselben Stellen der grössten mechanischen Einwirkung treten auch jene merkwürdigen Umwandlungen von Jurakalkstein in Marmor auf, als deren Ursache die Bewegung des Gebirges selbst erkannt ist. Das Ende einer solchen Kalkfalte kommt vom Laubstock an die Grimselstrasse herab und ist dort auf das Leichteste jedem Besucher des Haslithales zugänglich.

An allen diesen ausserordentlichen Erscheinungen, insbesondere an der Auswalzung der Kalkkeile, scheint der Vorwärtsbewegung des hangenden Gebirges der wesentlichste Theil zuzufallen.

Schon vor vielen Jahren hatten aufmerksame Beobachter der Faltungen im Juragebirge, wie Gressly, wahrgenommen, dass bei stärker geneigten Falten das Bestreben hervortrete, nach einer der Axe des Sattels entsprechenden Fläche sich zu theilen, worauf dann die Ueberschiebung des hangenden Theiles auf dieser Theilungsfläche erfolgt. In gleicher Weise hatte H. D. Rogers aus seiner Untersuchung der Appalachien die Regel gewonnen, dass bei Ueberstürzung einer Falte der normal gelagerte Flügel über den umgestürzten, also der hangende über den liegenden Flügel hinauf bewegt wird.[6] Ist die ursprüngliche Falte nordwärts

geneigt und die Bewegung des Gebirges gegen Nord gerichtet, so neigt sich die Theilungsfläche gegen Süd.

Man sieht nun, dass in gewissen Gebirgstheilen diese Erscheinung nicht vereinzelt auftritt, sondern in mehreren parallel hintereinander streichenden Faltensätteln sich wiederholt. Die Folge ist eine ganz eigenthümliche Structur des Gebirges. In dem ursprünglichen, geneigten Faltensattel zeigte der liegende Theil die verkehrte, der hangende die normale Reihenfolge der Schichten. Indem nun durch die Ueberschiebung der liegende, das ist der überstürzte Flügel dem Auge gänzlich entzogen wird, bleiben hintereinander nur die hangenden Flügel mit gegen das Innere des Gebirges, bei nördlicher Bewegung also südwärts geneigter, doch normaler Schichtfolge sichtbar, so dass, um eine von Albrecht Müller in Basel gebrauchte Bezeichnungsart zu wiederholen, man, gegen das Innere des Gebirges gehend, die Schichtfolge trifft: a b c d e, a b c d e, a b c d e. Ein einfaches Faltengebirge aber würde ergeben: a b c d e d c b a b c d e d c b a, u. s. w.

Es wird diese Erscheinung weiterhin als die Schuppenstructur bezeichnet werden.

In ausgezeichneter Weise ist die Schuppenstructur, wie Bittner nachgewiesen hat, in dem östlichsten Theile der Kalkzone der Alpen, in Niederösterreich, entwickelt. Die langen Streichungslinien haben hier bereits die nordöstliche Richtung der Karpathen angenommen, und dieselbe Schichtfolge wiederholt sich wieder und wieder, stets nach Süd oder nach Südost geneigt. ‚Man wird,‘ sagt Bittner, ‚die aufeinanderfolgenden Schichtwiederholungen als ebenso viele Hangendflügel schiefer oder liegender Falten aufzufassen haben, deren antiklinale Axen bei weiter fortschreitender Entwicklung der Falten gerissen sind, wodurch die Hangendflügel übereinandergeschoben, die liegenden Flügel dagegen sammt und sonders verdrückt wurden.‘[7]

Derselbe Bau ist auch in anderen Theilen der Ostalpen in mehr oder minder ausgeprägter Weise anzutreffen, und er wiederholt sich unter eigenthümlichen Umständen im östlichen Jura gerade an der Stelle der grössten Stauung gegen den Schwarzwald. Die regelmässigen Falten des Juragebirges strecken sich in weitem Bogen von West und Südwest her. Der Einfluss des Schwarz-

waldes wird nach Albr. Müller östlich von einer Linie bemerkbar, welche vom Westrande des südlichen Schwarzwaldes gegen Süd über Kandern und Lörrach, östlich von Basel, längs der Birs, an dem westlichen Absturze des Gempen-Plateaus vorbei gegen Nunningen gezogen würde. Oestlich von dieser Linie liegt eine Zone von jurassischen Ablagerungen ohne Faltung, mit flachem südlichen Fallen gleichsam auf der Schulter des südlichen Schwarzwaldes; dies ist der Tafeljura. Südlich von diesem Tafeljura streicht der gefaltete Kettenjura.

Von Nunningen an über Bretzwyl und Reigoldtswyl ist nun nach demselben Beobachter der nördliche Theil des Kettenjura 1 bis 1½ Km. weit auf den Tafeljura, und zwar zumeist der Rogenstein des mittleren Jura auf den flach gegen Süd geneigten



Fig. 10. Der Bötzberg-Tunnel (nach Moesch).
Einklemmung der miocänen Schichten zwischen den überwölbten Kettenjura und den flach südwärts geneigten Tafeljura.
t^2, t^3 = Triasformation; j^1, j^2, j^3 = Juraformation; *te*, *te* = eingefaltete Miocänschichten.

weissen Jura hinaufgeschoben, während südlich von dieser Ueberschiebung, namentlich in der Nähe des grossen Hauensteiner Tunnels, hintereinander drei bis vier Muschelkalkgräte mit beständigem Südfallen erscheinen.[8]

Die vorzüglichen Arbeiten, welche Moesch über diesen Theil des Juragebirges geliefert hat, gestatten nun, mit grosser Deutlichkeit die allmälige Veränderung des Baues im Streichen, d. i. gegen Nordost zu verfolgen. An den Saalhöfen unter der Gaisfluh, östlich von Oltingen, und von da an über Densbüren und bis an die Aare sieht man allenthalben den nördlichen Rand des Kettenjura als ein von Süd her nordwärts überworfenes Gewölbe, folglich mit überstürzter Schichtfolge sich auf den Rand des Tafeljura legen, wobei die miocäne Molasse in einem langen Streifen eingeklemmt ist zwischen das von Süd her überschobene Gewölbe und den von Nord her flach abdachenden Tafeljura.

Der Bötzberg-Tunnel durchfährt von Süden her das ganze überstürzte Gewölbe von Trias und Jura, gelangt dann in die eingekeilte Zone von miocänen Ablagerungen und durch diese endlich in die flach gelagerten höchsten Juraschichten des Tafelgebietes.[9]

Die Ueberstürzung des nördlichen Randes des Kettenjura setzt sich auch über die Aare fort. Die südwärts geneigten Bänke des Muschelkalkes durchqueren bei Bad Schinznach (t^2, Fig. 11) den Fluss und streichen dann aufwärts zur Höhe des Wülpelsberges, wo ihre aufgerichteten Köpfe die ehrwürdigen Reste der Habsburg

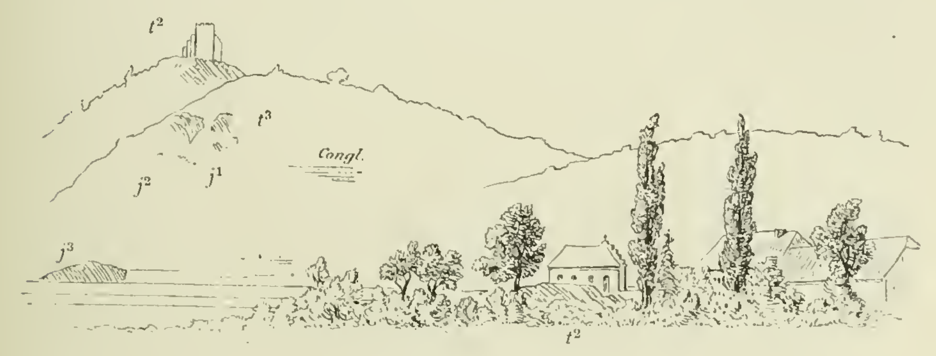


Fig. 11. Die Habsburg.
t^2 = Muschelkalk; t^3 = Keuper; j^1, j^2, j^3 = Juraformation.

tragen. Sie führen Placodus und Myophoria; der Thurm der alten Veste steht auf ihrer höchsten Kante. Unter dem Muschelkalke, durch eine steile, bewaldete Lehne von demselben getrennt, befinden sich Brüche in Keupergyps (t^3, Fig. 11); diesen unterlagert der dunkle Kalkstein des unteren Lias. Im Wiesengrunde darunter trifft man lose Blöcke von Rogenstein und noch tiefer, am Fusse des Berges, sind die Bänke des weissen Jura aufgeschlossen, welche, 60° nach Süd geneigt, diese ganze Schichtenfolge unterteufen.[10]

Während so die Ueberstürzung des Nordrandes anhält, erlangen im Innern des Kettenjura die Falten mehr und mehr ihren normalen Bau wieder, welchen die innerste südlichste Zone auch an der Stelle der stärksten Entwicklung der Schuppenstructur nicht verloren hatte.

Die langen Falten der jurassischen Ketten zeigen also an der Stelle der grössten Annäherung an den Schwarzwald auf

eine kurze Strecke hin jene Ueberschiebung der Hangendflügel, welche für die Schuppenstructur bezeichnend ist, und jenseits der Region der Stauung hört diese Erscheinung wieder auf. Der nördliche Rand des Kettenjura bleibt aber auch weiterhin überworfen, und der innere Rand gibt seinen regelmässigen Faltenbau auch in der Region der Schuppenstructur nicht ganz auf.

Wir werden die Schuppenstructur in Südtirol und an anderen Orten wieder antreffen.

Vergleicht man nun diese Vorkommnisse mit den Erfahrungen der Bergleute, so wird es klar, dass sie nichts Anderes sind als dieselben Ueberschiebungen, welche man unter den Namen der ‚Wechsel' oder ‚Schlächten' von den Verwerfungen zu unterscheiden gelernt hat, und welche in England ‚Creeps' genannt werden.

Es ist das besondere Verdienst Köhler's, für das westphälische Kohlengebirge die neueren Ansichten über den Bau der Gebirge zur Erklärung der vorhandenen Störungen angewendet zu haben. Das flötzführende Gebirge in Westphalen ist gefaltet durch eine von Süd gegen Nord wirkende horizontale Kraft.

‚Unter Wechsel oder Ueberschiebung,' sagt Köhler, ‚versteht man im Allgemeinen eine solche Störung des Gebirges, bei welcher ein Flötz im Hangenden der ersteren höher liegt als im Liegenden. . . .' Die Wechsel treten in Westphalen immer streichend auf und haben das Einfallen der verschobenen Flötztheile, nur etwas stärker. Die saigere Grösse der eingetretenen Niveauveränderung des Flötzes steigt in einem Falle auf 500 M. Die grösseren Wechsel fallen gegen Süd; es kommen jedoch Ausnahmen vor, welche gegen Nord fallen. Die Wechsel sind nichts Anderes als ‚die höchste Potenz der Faltung.'

Hienach vergleicht Köhler die Wechsel mit Heim's Darstellungen von überschobenen Gebirgsfalten.[11]

Aus den vereinten Beobachtungen von Wimmer, Groddeck, Stelzner und Köhler ist festgestellt, dass die berühmte Lagerstätte des Rammelsberges bei Goslar auf einem solchen Wechsel, auf einer Ueberschiebung des unterdevonischen Spiriferen-Sandsteins über mitteldevonische Schiefer liege, und dass die eigenthümliche Gestalt der Lagerstätte darin ihren Grund hat, dass das

Erz selbst an den Bewegungen des Gebirges theilgenommen hat. Die Art der vorkommenden Faltungen, Einklemmungen und der Auswalzungen des Erzlagers bis zu einem blossen Bestege erinnert in jeder Beziehung an die grossen Vorkommnisse der Finster-Aarhorn-Masse.[12]

Es sind einzelne Fälle bekannt geworden, in welchen die horizontale Ueberschiebung so weit reicht, dass ziemlich ausgebreitete Lappen älterer Schichten, oft sogar durch spätere Erosion abgetrennt, auf jüngeren Schichten getroffen werden. Zu den weitgehendsten Abweichungen von normaler Lagerung scheinen in dieser Richtung die Störungen zu gehören, welche M. Bertrand vom äusseren Rande des Juragebirges zwischen Besançon und Salins beschrieben hat.[13] —

Das regelmässige Streichen der Gebirgsfalten ist zuweilen durch eine plötzliche S-förmige Beugung und durch das Vorwärtstreten eines Gebirgstheiles gegen den anderen unterbrochen. Noch häufiger sieht man einen steilfallenden Bruch, welcher beide Gebirgstheile quer auf das Streichen trennt. Diese oft beträchtliche Verschiebung einzelner Gebirgstheile gegen einander ist ohne Zweifel durch eine ungleichmässige Bewegung der Massen hervorgebracht, und zuweilen sieht man, dass die Falten auf einer Seite der trennenden Fläche weit gedrängter oder weit mehr geneigt sind, Wechsel zu bilden, als auf der anderen.

Diese Flächen haben eine ausserordentliche Bedeutung für das Verständniss der Entstehung der Faltengebirge.

Als im Jahre 1854 der edle und unvergessliche Escher mir den Faltenbau des Säntis erläuterte, wies er nachdrucksvoll auf eine kleine Wand in der Nähe des Wildkirchli, welche einer quer die Falten durchschneidenden Kluft anzugehören schien. Als er im Jahre 1857 zu Trogen vor der naturforschenden Gesellschaft die sechs Falten des Säntis beschrieb, sagte er: ‚Während man in der Längenrichtung dieses Gebirges keinen Spalten *(failles)* begegnet, so zeigen sich dagegen Querrisse, die oft das ganze Gebirge durchsetzen, wie vom Wildkirchlein bis zum Rheinthale. Bei diesen Querspalten beobachtet man auch die Politur der gesprengten Felsflächen, sowie auch Dislocation derselben.‘

In sein Tagebuch schrieb derselbe beim Besuch des Rasenäuli: „Dieses Valangien (des Bogarten-Furkeli) nebst dem Neocom zeigen eine Menge horizontal laufender Rutschflächen, und es ist nicht ohne grosse Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass dieser Grat mit seinen Rutschwänden blos ein Glied einer langen nordsüdlich laufenden Verwerfungskluft sei, auf der auch die Wildkirchlein-Bommen-Faille, das Stifelpässchen und der Krinnenpass (Fählen-Saxerweg) sich befinden.“[4]

Heben wir nun aus diesem ersten Beispiele hervor: den Verlauf gegen Nord (ein wenig in West) quer auf alle Falten, die Länge der Linie und die horizontale Streifung der Rutschwände; hiemit sind drei Hauptmerkmale ähnlicher Flächen gegeben.

Die Arbeiten Jaccard's über den Waadtländer und Neuenburger Jura lassen das Vorhandensein einer weit wichtigeren Querlinie dieser Art in jenem Gebiete erkennen. Vom Südrande des Gebirges aus, knapp an dem nordöstlichen Ende des Lac de Joux vorüber und von dort über Hôpitaux nordwärts bis gegen Pontarlier ist eine Beirrung des Verlaufes der Falten des Juragebirges sichtbar, welche im Süden am heftigsten ist und nordwärts sich zu verlieren scheint. Sie ist im Süden ausgezeichnet durch das Auftreten kurzer, von Süd gegen Nord streichender Ketten, von welchen Jaccard im Jahre 1869 im Zweifel blieb, ob sie als selbständige Glieder oder nur als Ablenkungen der westlich von der Störung liegenden Falten anzusehen seien. Nach allen seitherigen Erfahrungen ist wohl die zweite Auffassung als die richtige zu bezeichnen und sind demnach an dieser grossen nordsüdlichen Verschiebungslinie die inneren Falten des Juragebirges quer auf das Streichen geschleppt.

Der östliche Theil des Gebirges ist weiter nach Nord getreten als der westliche.

Am Säntis ist das Streichen der Falten Nordost, jenes der Querlinie Nord, ein klein wenig in West; hier ist ebenfalls das Streichen der Falten Nordost, jenes der Querlinie ist Nord. Es soll noch eine lange zweite Linie westlich von dieser vorhanden sein, welche von Les Tuffes und La Chaille (südlich von dem kleinen Lac des Rousses) weit hinaus in die Richtung von Salins,

also mehr gegen Nordnordwest verläuft, aber es fehlen mir nähere Angaben über dieselbe.[15]

Die Verschiebung, welche quer auf das Streichen in der Gegend des oberen Thunersee's eintritt, habe ich bereits an anderer Stelle nach Studer's Beobachtungen angeführt, sowie die Verschiebung einzelner Theile der Molasse gegen einander, welche Kauffmann zwischen dem Thuner- und Zürichersee nachgewiesen hat.[16]

In den östlichen Alpen zeigen sich zahlreiche Verschiebungsflächen, welche, wie immer auch das Streichen des betreffenden Gebirgstheiles verlaufen mag, gegen Nord bis Nordost, sehr vorherrschend gegen Nordnordost gerichtet sind. Diese Flächen fallen steil zur Tiefe, und so beständig ihre Streichungsrichtung ist, ebenso unbeständig scheint ihr Fallen zu sein, indem es leicht aus Westnordwest in Ostsüdost übergeht. Die Flächen selbst sind oft bucklig, doch glatt geschliffen, nicht selten von horizontalen oder leicht zum Horizonte geneigten Striemen oder Furchen bedeckt, und begleitet von der bei der Bildung von solchen Harnischen so oft hervortretenden Neigung, kleinere Gebirgstheile keilförmig oder linsenförmig abzuquetschen. Im Kalkgebirge sind die Wände zuweilen ganz zusammengesetzt von den nur lose zusammengebackenen polyedrischen Bruchstücken des bei der Bewegung vollkommen zertrümmerten Gesteins und laufen die Schliffe über diese Bruchstücke hin. Im Schiefer oder in hartem Mergel geht die Abquetschung oder netzförmige Durchquerung des Gesteins mit glänzenden und gestriemten Flächen wohl auch noch viel weiter und wird jene eigenthümliche Art der Zertrümmerung erzeugt, welche man im Harze ‚Verruschelung' nennt.

Besuchen wir, von Berchtesgaden südwärts gehend, zuerst den Königssee. Wo die aus geschichtetem Kalkstein bestehende Falkensteiner Wand am weitesten in den See hervortritt, zeigt sich eine grosse und glatte, senkrechte, in Nordnordost streichende Wand, begleitet von parallelen Klüften in der Masse des Kalksteins. Jenseits des See's ersteigen wir die mächtige Kalksteinmasse des Steinernen Meeres. Wiederholt zeigen sich während des Aufstieges die Nordnordost streichenden Flächen, so an der Quelle in der Saugasse, dann auf dem Plateau des Steinernen Meeres

selbst in dem Hohlwege oberhalb der Funtenseealpe. Die ganze Masse der Schönfeldspitze mit ihren aufgebogenen Schichten gleicht einem zwischen Nord- und Nordnordost-Klüften zerdrückten Gebirgstheile. An der Buchlauer Scharte erreichen wir die Kante des südlichen Absturzes, zugleich den Südrand der Kalkzone. Der östliche Rand der Scharte ist durch grosse und wiederholte in Nordnordost gerichtete Flächen gebildet, welche das pfeilerförmige oder coulissenartige Hervortreten einzelner grosser Theile des mächtigen Absturzes veranlassen, genau so, wie sich dies im Ennsthale am südlichen Absturze des Dachsteingebirges zeigt.

Auf der Buchlauer Scharte umgeben uns starre Wände von weissgrauem Kalkstein; tief unter diesen Wänden breitet sich ein gerundetes, grünes Bergland aus. Das ist das paläozoische Schiefergebirge des Mitter-Pinzgau; erst in grösserer Entfernung, gegen Zell und Taxenbach, erhebt es sich zu beträchtlicheren Höhen, und über diesen ist die zackige Linie der Tauern sichtbar.

Wir durchqueren dieses Schiefergebirge.

In dem Gneiss der Tauern befinden sich jene goldführenden ‚Gangstreichen', welche der Stammort des ‚Goldes der Taurisker' sind und durch Jahrhunderte der Anlass zu einem reichen und hochberühmten Bergbaue waren. Diese goldführenden Gangstreichen oder Blätter sind sehr zahlreich und mit sehr wenigen Ausnahmen streichen sie gegen Nordnordost oder Nordost und treten hiebei wohl auch maschenförmig aneinander. Zwei Zonen oder Bündel solcher Blätter sind besonders bemerkenswerth, nämlich auf der 1700 M. langen, gegen Nordnordost laufenden Linie des Rathhausberges, und auf der nur um ein Geringes mehr gegen Ost streichenden Linie Erzweise-Bockhardt-Siglitz, welche mit ihrer südlichen Fortsetzung jenseits des Gletschers sich auf 7 Km. verfolgen lässt. In verticaler Richtung sind diese Blätter bis auf 1500 M. verfolgt.

Die ausführlichste Beschreibung derselben hat in neuerer Zeit F. Posepny gegeben. Dieser Beobachter sieht in ihnen örtliche Verschiedenheiten in der horizontalen Bewegung der Gebirgsmasse: ‚Es lag in diesem Processe nicht so sehr die Bildung einer Spalte oder eines Risses zur Tendenz, als vielmehr eine

Verschiebung des Gesteinsmediums.' Bei diesem Vorgange sind nicht ganz lineal-gerade und auch nicht ganz ebene, sondern krummflächige Risse erzeugt worden. Bei der horizontalen Bewegung wurden an den ausgebauchten Stellen jene Reibungsproducte erzeugt, welche zwischen Harnischen und Rutschflächen die Blätter begleiten. In der Nähe des Bockhardt treten die Blätter auch in den Kalkstein über.[17]

Wir verlassen dieses in seinen Einzelheiten höchst lehrreiche Gebiet und wenden uns noch weiter gegen Süd, zu dem Gebirge der Umgebung von Raibl. Eine mächtige und wohlgegliederte Serie von Triasablagerungen ist hier vorhanden. Sie neigt sich regelmässig gegen Süd. Ein Glied derselben, der erzführende Kalk, welcher die ganze Masse des Königsberges bildet, enthält Lagerstätten von Bleiglanz und Galmei. Schwarzer fischführender Schiefer überlagert den erzführenden Kalk.

Auch von diesen Lagerstätten hat Posepny eine Monographie geliefert, welche zeigt, dass der Bleiglanz auf einer Reihe von Blättern oder Sprüngen auftritt, welche ein nahezu nördliches Streichen besitzen und zu einer Anzahl von Zonen verbunden sind. Diese Klüfte, sagt Posepny, sind mit einem feinen Schnitt in's Gestein zu vergleichen, und nur selten entstehen aus denselben förmliche Spalten, die theils offen, theils mit zerriebenem Gestein erfüllt sind. Die Wände sind in der Regel glatt, zuweilen mit parallelen Rinnen, wohl auch mit sich kreuzenden Systemen von Striemen bedeckt. Das Fallen wechselt und ist bald nach Ost, bald wieder nach West gerichtet, aber wo südwärts diese Klüfte die Grenze gegen den auflagernden Schiefer durchschneiden, sieht man, dass dieser Schiefer geschleppt und das ganze Gebirge nach diesen Blättern verschoben ist. Der erzführende Kalkstein tritt also im Streichen gleichsam ruckweise gegen den Schiefer vor, und die Aufschlüsse in der Grube und zu Tage haben Posepny gestattet, zu erkennen, dass an der Westseite des Thales die Summe der Verschiebungen gegen den Schiefer an den einzelnen Blättern etwa 420 M., an der Ostseite dagegen, wo die Sachlage allerdings weniger klar ist, beiläufig 760 M. erreiche. Dabei erfolgen diese Verschiebungen in solcher Weise, dass in der Tiefe des Thales, welches ebenfalls nördlich streicht, der Kalkstein am

weitesten gegen Süd steht, an jedem Abhange dagegen derselbe Kalkstein bei jeder Verschiebung mehr und mehr nach Norden tritt.[18]

Verlassen wir nun Raibl und suchen wir ostwärts das parallele Lahnthal auf. Dort zeigt sich eine weit beträchtlichere horizontale Verschiebung. Die westliche Thalseite entspricht beiläufig der Fortsetzung der Gebirge von Raibl; dann folgt, dem Hauptthale und nach seiner Gabelung südwärts seinem linken Hauptarme entsprechend, vielleicht von da durch die tiefe Scharte östlich vom Mittagskogel in's Coritenzathal sich fortsetzend, eine in Nord oder Nordnordost gerichtete Trennung des Gebirges, und was östlich von dieser Linie liegt, die Bergmassen der Prinza, des Mangart, des Jelouz und andere, ist um etwa 3—4 Km. gegen Nord gerückt.[19]

Zahlreiche weitere Beispiele könnten aus den Ostalpen angeführt werden; es mag nur noch an die gleichfalls Nordnordost streichende Verschiebungslinie von Belluno erinnert werden, welche bei Besprechung des Erdbebens von Belluno in Betracht gekommen ist.

In dem nordöstlichsten Theile der Alpen tritt eine Ablenkung von dem sonst so beständig gegen Nord, Nordnordost oder Nordost gerichteten Streichen der Blätter ein. An der Hohen Wand bei Wr.-Neustadt, wo Triaskalk über Kreideablagerung liegt, sind, wie Bittner gezeigt hat, beide von gegen Nordnordwest streichenden Flächen durchschnitten und an denselben verschoben.[20] Diese lehrreiche Kreuzung von Störungen wird an späterer Stelle besprochen werden.

In jedem Grade des Einflusses auf den Gebirgsbau lassen sich diese steilen Verschiebungsflächen in den östlichen Alpen verfolgen, von der Dislocation grosser Gebirgstheile an beiden Seiten eines Querthales bis herab zu der nur wenige Meter betragenden Verschiebung an einem erzführenden Blatte und endlich bis zur feinen, einem geraden Haarrisse gleichenden Trennungsfläche im Kalkstein, und diese letzteren Flächen scheinen im Gebirge eine ähnliche Rolle zu spielen wie die noch weit kleineren Verschiebungsflächen, welche das Mikroskop in gekrümmtem Gestein erkennen lässt.[21]

Sie fehlen auch anderen Gebieten nicht; die Medina-fault, an welcher eine Hälfte der Insel Wight gegen die andere verschoben wurde, ist dafür ein lehrreiches Beispiel. Dass diese Flächen aus der tangentialen Spannung hervorgehen, wie die Ueberschiebungsflächen, bedarf wohl keines weiteren Beweises, aber es fehlt für dieselben ein bezeichnender Name.

Köhler kennt auch Verschiebungen dieser Art aus dem Steinkohlengebirge und rechnet dieselben zu Carnall's ‚Uebersprüngen'. Ich werde für dieselben den dem Bergbaue in den Alpen entlehnten Ausdruck ‚Blätter' benützen.

Es gehen demnach aus der tangentialen Bewegung im Gebirge zweierlei Sprungflächen hervor. Die erste Gruppe bilden Ueberschiebungsflächen, Wechsel oder Schlächten, durch deren Wiederholung die Schuppenstructur entsteht, und die zweite Gruppe sind die Verschiebungsflächen, Blätter oder Uebersprünge.

Das Streichen der Wechsel entspricht dem Streichen der Gebirgsfalten und wird mit denselben abgelenkt. Das Streichen der Blätter ist mehr oder minder, doch nicht immer genau senkrecht auf das Streichen des Gebirges; es ist der Ablenkung nicht unterworfen, wie jenes der Wechsel und gibt wohl ein richtigeres Bild von den allgemeinen Bewegungen der Masse.

Jede einzelne Wechselfläche hat eine bestimmte Fallrichtung, welche an demselben Orte gegen die Tiefe anhält. Die Fallrichtung der Blattflächen ist fast immer ausserordentlich steil, mag aber gegen die Tiefe von einer Himmelsrichtung in die entgegengesetzte sich ändern und wieder in die erste zurückkehren.

Die Blätter sind weit mehr geneigt, Thalbildung zu veranlassen, als die Wechsel. Die Blätter sind zuweilen erzführend, die Wechsel sind es weit seltener.

Die Blätter gehen in ihrer normalen Gestalt aus der gleichsinnigen, aber ungleich starken Bewegung von Gebirgstheilen hervor. Der Parallelismus der Bewegung beider Theile ist öfters nur in Bezug auf die Himmelsrichtung vorhanden, während der eine Flügel weit steiler in die Tiefe ziehen mag, als der andere. Dies wird insbesonders dann eintreten, wenn in Folge der stärkeren Bewegung der vortretende Flügel sich stärker faltet. Es können darum an Blättern beträchtliche Niveauverschiedenheiten eintreten, ohne

dass ein eigentliches Absinken eines der beiden Flügel, eine Verwerfung im engeren Sinne, eintrete, und bezeichnend hiefür ist, dass selbst in diesem Falle keine verticalen Striemen an den Harnischen sichtbar werden, sondern dass die Linien auf denselben sich nur leicht gegen den Horizont neigen, oder dass zwei Systeme von Linien über einander sichtbar werden, beide von verschiedener und dennoch flacher Neigung. —

Eine ausserordentlich viel grössere Verwicklung all' dieser Verhältnisse, sowohl der Blätter als der Wechsel, tritt dann ein, wenn sich in demselben Gebiete zwei verschiedene Faltungsrichtungen geltend machen.

In dem grössten Theile Europa's nördlich von den Alpen zeigen die Gebirgsketten wie im Alpensysteme selbst eine Faltung gegen Nord. Dies hindert aber nicht, dass weithin in Mittel-Europa zwei verschiedene Richtungen bemerkbar werden, von welchen die eine mehr gegen Nordost, die andere mehr gegen Nordwest streichende Falten und Gebirgszüge erzeugt hat, und welche als die niederländische und die hercynische Richtung bezeichnet werden.

Wo nur eine dieser beiden Richtungen Ausdruck findet, wie im südwestlichen Irland, wo in den Gebirgen um Killarney-Lake das Devon hoch aufgeschoben ist über den Kohlenkalk,[22] oder längs der belgischen Kohlenfelder, oder im Erzgebirge, da bleibt trotz aller sonstiger Complication der Verhältnisse der Zusammenhang der Dislocationen und der Gebirgsbewegung immerhin noch leichter erkennbar. Unvergleichlich viel schwieriger wird die Aufgabe dort, wo auf denselben Höhenzug zwei Faltungsrichtungen Einfluss genommen haben.

Nach Lossen's überaus lehrreicher Darstellung ist der Harz als ein Gebirgsknoten anzusehen, hervorgegangen aus einseitiger Faltung, welche jedoch zuerst im niederländischen, dann im hercynischen Sinne erfolgte. Zuerst wäre demnach eine Kraft aus Südost wirksam gewesen, unter deren Einfluss die ersten Grundlinien des Baues geschaffen wurden; später, nachdem diese heute noch in dem Streichen eines grossen Theiles des Gebirges erkennbaren Grundlinien vorhanden waren, und als insbesondere die grosse Granitmasse des Brockens schon mit ihrer weiten Buckelfläche

unter dem paläozoischen Schiefer und Quarzit lag, hat, nach dieser Anschauung, auf dieses mehr oder minder nordöstlich streichende Gebirge eine Kraft im hercynischen Sinne, d. i. aus Südwest gewirkt.[23]

Die Sattellinien der Falten und die Wechselflächen wurden durch diese zweite Bewegung vielfach windschief verbogen. Die Entstehung jenes grossen und merkwürdigen Systems von Gangspalten, welches in der Nähe von St. Andreasberg, also unweit von dem südlichen Ende der Granitmasse des Brocken, seinen Ursprung nimmt, und dessen strahlenförmige Anordnung Groddeck hervorgehoben hatte, wird im Zusammenhange mit diesen Vorgängen der Gebirgsbildung von Lossen als die Folge einer Torsion der Gebirgsmasse aufgefasst.[24]

Daubrée hat bandförmige Streifen von starkem Glas an den schmalen Enden in Backen gespannt und dann einer schraubenförmigen Drehung bis zu 20° unterworfen. Es zeigte sich, dass in regelmässigen Abständen von dem rechten und von dem linken Rande der Platte strahlenförmig ausgehende Bündel von Sprüngen erzeugt wurden.[25]

Die Sprünge im Harzgebirge, von welchen einzelne eine Länge von 14 Km. erreichen, sind unter wesentlich anderen Bedingungen entstanden. Es sind jene freien Ränder der Platte in der Natur nicht vorhanden, welche, wie die Versuche Daubrée's zeigen, für die Anordnung der Sprünge auf der Glasplatte maassgebend sind, und, was sehr wesentlich ist, während Daubrée thatsächlich eine schraubenförmige Drehung ausführte, sind in der Natur zwei auf einander senkrechte Bewegungen gefolgt, von welchen die eine früher und die andere später eintrat, und keine dieser Bewegungen ist, für sich betrachtet, eine drehende gewesen. Dennoch besteht in der That ein gewisser Grad von Aehnlichkeit zwischen dem von St. Andreasberg ausstrahlenden Gangsystem und den auf künstlichem Wege erzeugten Bündeln von Torsionssprüngen.

Durch Kayser's Untersuchungen ist die Kenntniss von diesem Spaltensystem noch wesentlich vervollständigt worden. Hienach ist jede der grösseren Spalten von einer Dislocation des Gebirges zugleich in horizontalem und in verticalem Sinne begleitet, und diese

Dislocationen betreffen auch den Granit, welcher wie die anderen Gesteine an diesen Sprüngen verschoben wird.

Hauptlinien sind: die Oderspalte, die Ackerspalte und die Andreasberger Ruscheln.

Die Oderspalte, etwa 14 Km. lang, läuft von einer Stelle östlich von St. Andreasberg, das niederländische Streichen des Gebirges durchschneidend, gegen Nordnordwest; sie ist gegen Ost geneigt, und der Ostflügel des Gebirges ist gegen Nord und abwärts bewegt. Oestlich von dieser grossen Linie befindet sich eine Anzahl in Nordwest streichender Spalten, welche an ihr in spitzem Winkel enden; an der südlichsten derselben ist der Ostflügel merklich gegen Nord verschoben (4, Fig. 12).

Die Ackerspalte beginnt in der Nähe des Ausgangspunktes der Oderspalte und ist anfangs gegen Nordwest gerichtet; weiterhin wendet ihr Streichen mehr und mehr gegen Westnordwest, so dass sie sich immer rascher von der Oderspalte entfernt. An ihr, sowie an einer nördlich vorliegenden Parallelspalte findet eine sehr merkbare Verschiebung des Ostflügels gegen Nord, weiterhin, diesem entsprechend, des Nordflügels gegen West statt. Durch die Aenderung ihres Streichens nähert sie sich mehr und mehr der Richtung der zahlreichen und langen Clausthaler Spalten, welche in den geöffneten Raum zwischen der Oderspalte und Ackerspalte fallen (3, Fig. 12).

Ein südlich der Ackerspalte nahe gelegener kleiner Gang, auf welchem die Baue ‚Segen Gottes‘ und ‚Neues Glückauf‘ liegen, strebt in seinem Streichen dem Ausstrahlungspunkte der grossen Gänge zu und begrenzt mit der Ackerspalte einen längeren schmalen Granitstreif gegen die nordwärts von der Ackerspalte und südwärts von ihr selbst folgende Grauwacke. Ich hebe diese Linie hervor, weil an diesem Gange nicht mehr der nördliche, sondern der südliche Flügel nach abwärts bewegt ist, und das Fallen der Kluft nach Kayser wahrscheinlich steil gegen Süd gerichtet ist. Da die südlich folgende Gruppe der Ruscheln durch südliches Fallen und die Senkung der Südflügel ausgezeichnet ist, würde es nach den vorliegenden Beschreibungen den Anschein gewinnen, als stelle der besagte schmale Granitstreifen in der That einen Horst dar, von welchem das Gebirge beiderseits sich abstuft.

Die Ruscheln sind weite, von zerdrücktem Gebirge erfüllte Spalten, welche in einem keilförmigen Raume die silberreichen Gänge von Andreasberg gegen Nord, West und Süd umgrenzen. Die edlen Gänge gehen nicht über die Ruscheln hinaus; ihre Lage gegen den gemeinschaftlichen Ausstrahlungspunkt ist aus Fig. 12 ersichtlich.

Die nördliche, Neufanger Ruschel fällt nach Süd und der Südflügel sammt dem Erzrevier ist gesenkt. Auch die südlichen Ru-

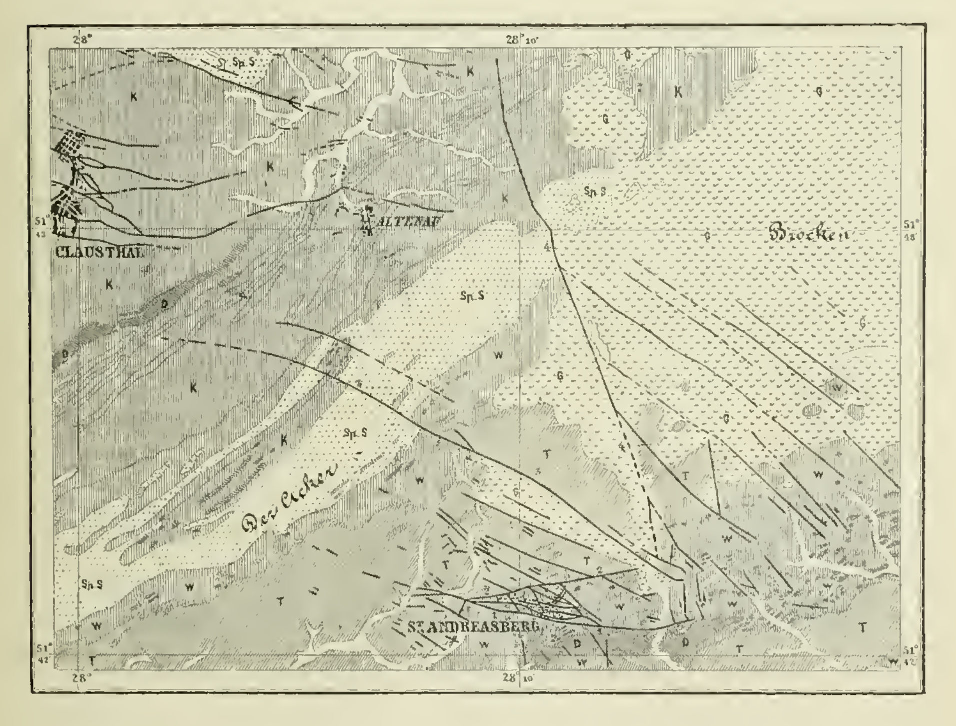


Fig. 12. Das Spaltensystem von St. Andreasberg (nach Lossen und Kayser).

T = Tanner Grauwacke; *W* = Wieder Schiefer; *Sp. S* = Spiriferen-Sandstein; *K* = Kulm; *G* = Granit; *D* = Diabas.

1. Die Edelleuter Ruschel; 2. die Neufanger Ruschel; 3. die Ackerspalte; 4. die Oderspalte.

scheln fallen steil nach Süd, aber es scheint Meinungsverschiedenheit darüber zu herrschen, ob der Südflügel der südlichsten der grossen Edelleuter Ruschel gesenkt oder überschoben sei.[26]

Es ist ein sehr erfreulicher Umstand, dass eine so schöne Aufgabe, wie die Lösung der durch die zweifache Faltung und durch die strahlenförmige Anordnung der Sprünge angeregten Fragen der irdischen Dynamik, in ein leicht zugängliches Gebirge

gelegt ist, wo ausgedehnter Bergbau, gewissenhafte und ausgezeichnete Forscher und alle erforderlichen Hilfsmittel in einer Weise vorhanden sind, welche hoffen lässt, dass hier noch weitere wesentliche Fortschritte für das Verständniss des Gebirgsbaues im Allgemeinen werden gewonnen werden. Für jetzt mag man recht wohl in den östlich von der Ackerspalte gesammelten Thatsachen die Spuren einer grossen Schraubenanlage erkennen, und man mag allerdings, wie gesagt, einige Aehnlichkeit zwischen der Ausstrahlung der Gänge und den Sprungbündeln Daubrée's finden. Das südlich von der Ackerspalte vorherrschende Südfallen der Spalten bleibt schwerer vereinbar mit diesen Vergleichen. Befände sich die Oderspalte vereinzelt in den Alpen, so würde man sie wahrscheinlich als ein normales Blatt der älteren niederländischen Bewegung ansehen. Die Beständigkeit im Streichen der alpinen Blätter steht aber im auffallendsten Gegensatze zu der Lage der anderen Sprünge. Sicher erwiesen ist, dass der Granit des Harzes diesen Spaltenbildungen gegenüber vollkommen passiv bleibt. —

B. Dislocation durch Senkung.

Die aus der Contraction der Erdmasse hervorgehenden Spannungen zeigen, sagten wir, die Neigung, sich in zwei Richtungen der Bewegung zu zerlegen, von welchen die eine mehr oder minder tangential, horizontal, faltend, verschiebend oder überschiebend, die andere vertical und senkend wirke. Wohl sind bereits Blattflächen angeführt worden, an welchen die Gleitlinien auf den Harnischen sich abwärts neigen und an welchen nicht unbeträchtliche verticale Dislocationen eintreten mögen, aber die anregende und bestimmende Kraft ist doch auch in diesen Fällen die horizontale Componente gewesen. Es wird nun um der Deutlichkeit der Darstellung willen zu empfehlen sein, dass wir die bisher verfolgte Reihe von Beispielen unterbrechen, um die äussersten Fälle der zweiten Gruppe von Dislocationen kennen zu lernen, und um von diesem Extrem allmälig zurückzukehren zu jenen verwickelten Störungen des Gebirges, in welchen beide Componenten wirksam waren oder noch sind.

Die Erfahrung lehrt, dass man von einer radialen Spannung nicht sprechen sollte, sofern man nur die Störungen in dem Baue des äusseren Felsgerüstes im Auge hat. Ein activer Zug nach abwärts ist in der ganzen umfangreichen Gruppe von Dislocationen, welche ich jetzt zu besprechen versuchen will, nicht sichtbar. Wo die tangentiale Bewegung fehlt, lassen sich die vorhandenen Dislocationen ungezwungen durch das Weichen der Unterlage und durch die Schwerkraft erklären. Was man sieht, sind nur verschiedenartige Formen von passiven Einsenkungen und Einstürzen. Es bleibt der Eindruck, als wirke die radiale Componente in grösserer Tiefe, und als würden hiedurch unter einer äusseren Schale Räume geschaffen, welche gestatten, dass grosse Theile der äusseren Schale in dieselben hinabsinken.

Diese Auffassung ist nicht neu; man begegnet derselben unter verschiedenen Abänderungen in den neueren Schriften über Gebirgsbau; sie ist von sehr grosser Bedeutung für das Verständniss des Gefüges der äusseren Theile des Planeten, aber ihre weitere Erläuterung kann nicht an dieser einleitenden Stelle unternommen werden, deren Aufgabe vielmehr erst die Ermittlung einer bestimmteren Gruppirung und Terminologie der Dislocationen ist.

Die Untersuchung eines einzelnen Einbruches oder einer einzelnen Senkungslinie führt nicht gar weit. So lange man jede Falte eines Kettengebirges für sich zu betrachten und jede Antiklinale des Juragebirges als das Ergebniss einer gleichsam individuellen linearen Erhebung anzusehen gewohnt war, blieb die Einsicht in das Wesen der Faltenbildung überhaupt verschlossen. So wie die Falten einer grossen Kette nach gemeinsamen Gesetzen geordnet sind, so wie jede derselben von ihren Nachbarfalten und von der allgemeinen Structur der Kette abhängig ist und so wie sie alle aus einer gemeinschaftlichen Ursache hervorgegangen sind, so sieht man auch in ausgedehnten Landstrichen die Senkungslinien zu Netzen oder Systemen sich ordnen, welche gemeinschaftlich die Lage eines Senkungsfeldes zeichnen und ebenso wie die Falten eines Kettengebirges aus einer gemeinschaftlichen Ursache hervorgegangen sind.

In einem normalen Senkungsfelde unterscheidet man zwei Hauptrichtungen der Sprünge, welche wir in Uebereinstimmung

mit der schon vor vielen Jahren von Deffner für die Brüche im schwäbischen Jura eingeführten Bezeichnung die peripherischen und die radialen Sprünge nennen. Ausserdem finden sich stets noch ohne allgemein giltige Regel hinzutretende diagonale Sprünge und ferner kürzere untergeordnete Quersprünge, welche die Hauptsprünge rechtwinkelig verbinden.

Die peripherischen Sprünge bilden die wichtigste Gruppe. Sie umgrenzen nicht nur das Senkungsfeld mit weitem Bogen oder Polygon, sondern sie wiederholen sich innerhalb dieses Umrisses in mehr oder minder concentrischer Weise, wohl auch als die Sehne eines Bogens oder quer über den Winkel des Polygons herlaufend, und nicht selten bemerkt man eine höchst merkwürdige Regelmässigkeit in den horizontalen Abständen der einzelnen gegen die Mitte des Senkungsfeldes einander folgenden Zonen von peripherischen Sprüngen.

An jedem dieser peripherischen Sprünge ist mit wenigen Ausnahmen der gegen die Mitte des Senkungsfeldes liegende Flügel gesenkt, so dass sich der Betrag der Senkungen gegen die Mitte, das ist gegen die Tiefe des Senkungsfeldes, summirt. Es kommt aber allerdings auch vor, dass zwischen irgend zwei peripherischen Sprüngen ein Gebirgsstreifen zu tief gesunken ist, so dass dann die äussere Seite des folgenden Sprunges als die hangende erscheint und eine kleine Compensation eintritt. Solche zu tief gesenkte Streifen nennen wir nach einem alten bergmännischen Ausdrucke Gräben oder Grabensenkungen. Es kommt ferner vor, dass in dem Streichen einer peripherischen Linie das Ausmass der Senkung allmälig sich mindert und zugleich in nicht allzugrosser Entfernung eine zweite peripherische Spalte mit parallelem Verlaufe beginnt und mit zunehmender Senkung sich fortsetzt, so dass die eine Spalte durch die andere abgelöst wird, wie in ähnlicher Weise die Falten der Kettengebirge sich ablösen. Dann bleibt zwischen beiden Sprüngen ein gleichsam schwebendes Stück zurück, und solche Stücke hat Mojsisovics bei den grossen Senkungsbrüchen der Südalpen als Brücken bezeichnet.

Nähern sich die äusseren Umrisse zweier Senkungsfelder einander und bleibt zwischen beiden ein trennender Rücken, von welchem nach beiden Seiten die Senkungen mehr oder minder

treppenförmig abfallen, so bezeichnen wir diesen Rücken mit einem ebenfalls im Bergbaue üblichen Worte als einen Horst, wohl auch als einen Horst erster Ordnung, im Gegensatze zu den untergeordneten Horsten, welche da und dort zwischen dem Sprungnetze sich bilden. Als solche Horste erster Ordnung werden wir z. B. den Schwarzwald, die Vogesen, den Morvan und das Kaibab-Plateau am Colorado kennen lernen. Dass untergeordnete Horste schon auf Sprüngen im gefalteten Gebirge entstehen können, sobald diese auch von verticaler Bewegung begleitet sind, hat das Beispiel an der Ackerspalte bei St. Andreasberg bereits gezeigt.

Die radialen Sprünge sind in ihrer Anlage lange nicht so regelmässig wie die peripherischen Sprünge. Sie sind in Senkungsfeldern von mässiger Ausdehnung besser entwickelt; sie durchschneiden dann die peripherischen Sprünge und erzeugen mehr oder minder trapezförmige Schollen, welche zuweilen eine selbständige, schräge und abnorme Bewegung verrathen, durch welche die Regelmässigkeit des Senkungsfeldes örtlich beirrt wird. Gegen die Mitte, wo die radialen Linien sich zu drängen beginnen, entstehen kleinere Keile, und aus der weitgehenden Zerstückelung der Erde gehen stellenweise eigenthümliche, örtlich verschiedene Einsturzfelder hervor, welche bald einen runden, bald einen unregelmässig eckigen Umriss haben können und deren Ausdehnung in ein und demselben Senkungsfelde eine sehr verschiedene sein mag. Als solche Einstürze gegen die Tiefe eines Senkungsfeldes sind z. B. der Rieskessel, der Höhgau und die Liparischen Inseln anzuführen.

Es ist bereits erwähnt worden, wie ausserordentlich leicht selbst sehr grosse Sprünge dieser Art, welche mit verticalen Dislocationen im Betrage von tausenden von Fussen verbunden sind, unserem Auge verhüllt bleiben und wie oft künstliche Aufschlüsse solche Störungen dort blosslegen, wo sie früher nie vermuthet wurden. So wird es erklärlich, dass die Sprungnetze in der Regel nur in sehr lückenhafter Weise bekannt sind. Böhmen, sonst so vielfältig durchforscht, ist hiefür ein schlagendes Beispiel. Kein Anzeichen verräth an der Oberfläche des einförmigen Hügellandes von Przibram das Vorhandensein der Lettenkluft, jener gewaltigen

Störungsfläche, welche die dortigen Silbergänge durchsetzt, jetzt bis zu einer Tiefe von mehr als tausend Meter aufgeschlossen ist und welche in der Tiefe der Grube unter den azoischen Abtheilungen des Silur ihre Unterlage, den Granit, wieder sichtbar werden lässt. Die Lettenkluft streicht nordöstlich, und der südöstliche Theil wird als der gesenkte anzusehen sein.[27]

Es ist aber in hohem Grade wahrscheinlich, dass die wenig südlich davon ebenfalls gegen Nordost fast geradlinig zu Tage verlaufende Grenze des Granits gegen die azoischen Ablagerungen einem zweiten, ähnlichen Bruche entspricht, und dass die Lettenkluft und diese Granitgrenze nur Theile einer grossen Gruppe nordöstlich streichender Sprünge sind, von welchen einige durch die verdienstlichen Arbeiten von Krejci und Helmhacker erst kürzlich zwischen Beraun und Prag ermittelt wurden.[28]

Diese Sprünge liegen im Streichen der böhmischen Silurmulde, welche nach diesen Erfahrungen anstatt des früher gebotenen Bildes einer einfachen Synklinale mehr und mehr das Bild einer sehr breiten und verwickelten Grabensenkung annimmt. Diese Gruppe von nordöstlichen Sprüngen ist aber wieder nur ein Theil jenes grossen Systems von Sprüngen, von welchem die böhmische Masse durchsetzt ist, welchem die Brüche am Fusse des Erzgebirges, die wiederholten parallelen Senkungslinien am Fusse des Iser- und Riesengebirges, die scharfe, von Elbe-Teinitz gegen Südost ziehende Linie, die von Prag gegen Süd ziehende Linie des Moldauthales und manche andere angehören, von welchen, eine vorläufige Skizze mir mitzutheilen, Prof. Krejci die Güte hatte, und deren genauere Ermittlung die dankbare Aufgabe unserer Fachgenossen in Prag geworden ist. Heute lässt sich jedoch schon erkennen, dass ein sehr grosser Theil Böhmens, insbesondere West, Nord und Ost des Landes, der Schauplatz ausgedehnter Senkungen gewesen ist, welche sich auf weichender Unterlage an zahlreichen Sprungflächen vollzogen haben. Die schematische Unterscheidung von peripherischen und radialen Sprüngen findet in diesem Falle freilich keine Anwendung. Der archäische Süden des Landes ragt, allerdings auch von Sprüngen durchsetzt, dennoch im tektonischen noch weit mehr als im orographischen Sinne über das andere Land hervor; gegen Nordost und Nord-

west stehen als Grenzen die Abhänge des Riesengebirges und des Erzgebirges.

Die Vorstellungen, welche sich auf den enger umgrenzten Gebieten des mittleren Europa bilden, sind aber zum guten Theile nicht übertragbar auf jene weiten Regionen anderer Welttheile,

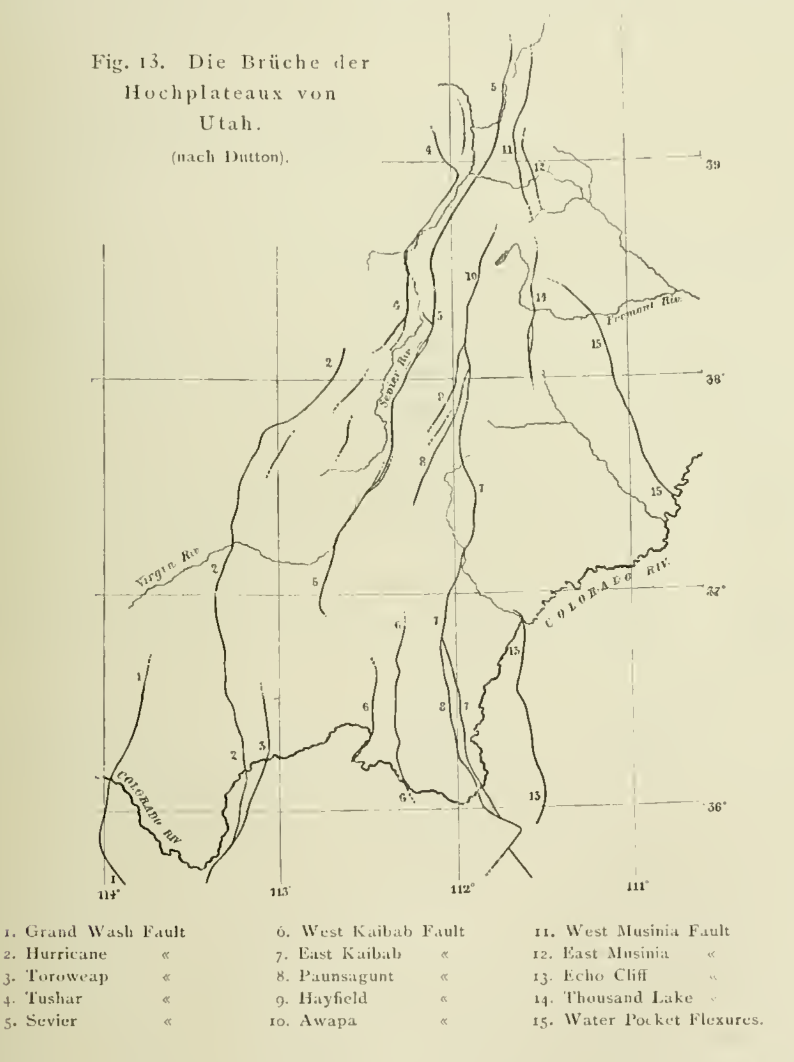


Fig. 13. Die Brüche der Hochplateaux von Utah. (nach Dutton).

in welchen horizontal geschichtete Platten auf ausserordentliche Strecken hin durchschnitten sind von grossen Störungslinien, in welchen der Begriff von peripherischen Linien selten, jener von radialen Linien noch seltener Geltung erlangen kann, wo bei der Vertheilung der Linien die Durchkreuzung selten ist und folglich auch die Veranlassung zu localen Einstürzen fehlt, und bei ihrer

ausserordentlichen Länge nicht nur das Ausmaass der Senkung sich ändert, sondern sogar die Senkung bald auf der einen und bald auf der anderen Seite desselben Sprunges eintritt.

Um diesen Gegensatz zu zeigen, wähle ich das ausgezeichnetste Beispiel, nämlich jenes System von Störungen, welches die Hochplateaux des westlichen Utah durchsetzt, und von welchem Dutton ein ebenso anschauliches als lehrreiches Bild entworfen hat.[29]

Das an der Ostseite des grossen Salzsee's und des Utah Lake herabstreichende Wahsatchgebirge reicht lange nicht so weit nach Süden, als unsere Karten in der Regel angeben, sondern endet in der Nähe des M. Nebo, beiläufig in 39° 45′.

Das Wahsatchgebirge ist gegen den Salzsee von einem von Nord gegen Süd laufenden grossen Bruche abgeschnitten, an welchem der westliche Flügel abgesunken ist. Gegen Süd löst sich dieser Bruch in zwei staffelförmig stehende Brüche auf. Dem südlichen Ende des Gebirges gegenüber erhebt sich M. Nebo, eine Masse, welche von einem meridionalen Bruche in solcher Weise abgeschnitten ist, dass die Osthälfte sank, und man betrachtet den Bruch des M. Nebo als die Fortsetzung des Bruches oder der parallelen Brüche, an welchen die Westseite des Wahsatch abgesunken ist.

Von M. Nebo an folgt bis zum grossen Cañon des Colorado hinab ein Landstrich, welcher gebildet wird von gewaltigen Schollen horizontal geschichteten Gebirges, welches den Westrand des grossen Colorado-Plateaus ausmacht. Die Schichten bestehen aus marinen Ablagerungen, welche vom Carbon bis in die Kreide reichen, wobei in der Kreide die Einschaltung von blattführenden und wohl auch von echten lacustren Schichten sich gegen oben mehr und mehr bemerkbar macht; hierauf folgen tertiäre lacustre Sedimente und dann ausgedehnte vulcanische Decken. Die Oberfläche dieser grossen Schollen liegt in vielen Fällen mehr als 11.000 Fuss über dem Meere, und sie sind umgrenzt und durchschnitten von grossen linearen Störungen.

Die Anordnung der Störungslinien ist auf Fig. 13 nach Dutton, Atlas Pl. IV, ersichtlich gemacht, wobei Dutton für den südlichen Theil die Arbeiten Powell's und Gilbert's zu Grunde gelegt hat.

Sie gleicht einer ruthenförmigen Zertheilung des Hauptbruches am Wahsatch und Nebo, wobei im Süden zwischen den östlichen und westlichen Kaibabbrüchen (6 und 7 auf Fig. 13) das Kaibab-Plateau im Grossen die Stellung eines Horstes einnimmt. Die östlichen Linien mögen dann als dem westlichen Theile jener peripherischen Linien zulaufend angesehen werden, an welchen, wie sich später zeigen wird, das Colorado-Plateau eingesenkt ist, während die westlichen Linien in sehr verwickelte Beziehungen zu den Ketten des Great-Basin treten.

Durch diese Brüche werden, wie gesagt, grosse Schollen umgrenzt.

Die erste dieser Schollen, Wahsatch-Plateau, erhebt sich südöstlich von M. Nebo und dem Ende der Wahsatch-Mountains zwischen 39° 30′ und 39°. Von der Westseite dieser Scholle gehen die weiteren Störungslinien aus; sie divergiren gegen Süd, und indem sich neue Linien mit ähnlicher Anordnung anschliessen, entsteht nun jenes grosse Bündel nordwärts mehr oder weniger gegen die Westseite vom Wahsatch-Plateau hinstrebender und südwärts auseinandertretender Linien, welche, immer weiter von einander entfernt, die Cañons des Colorado kreuzen und noch weiter nach Süden sich fortsetzen. Fig. 13 zeigt sie etwa bis 35° 40′ hinab.

Diese Störungslinien sind auf lange Strecken hin mehr oder minder scharfe ʃ förmige Beugungen der Schichten, welche von den amerikanischen Forschern im Gegensatze zu den ‚*folds*‘, d. i. wahren Falten alpiner Gebirgsbildung, als ‚*monoclinal flexures*‘ bezeichnet werden. Es fehlt unserer Nomenclatur eine kurze Bezeichnung für diese Form der Störungen, und ich werde sie ebenfalls Flexuren, im Gegensatze zu Falten, nennen. Diese Flexuren ersterben an manchen Orten in immer flacherer Beugung; an anderen Orten gehen sie in steile Brüche über mit beträchtlicher Absenkung einer Seite. Aus der zerrissenen Flexur wird eine Verwerfung mit geschleppten Flügeln, wobei der gesenkte Flügel nach aufwärts, der andere nach abwärts geschleppt ist, gerade wie durch Zerreissung eines Faltensattels eine Wechselfläche erzeugt wird.

Flexuren und Verwerfungen haben daher nicht als wesentlich verschiedene Erscheinungen zu gelten. Beide treten abwechselnd

auf derselben Störungslinie je nach dem Wechsel des Betrages der Störung auf, und es kann sogar geschehen, dass an derselben Stelle eine Störung in einem höheren Niveau als Flexur, in einem tieferen als Verwerfung sichtbar wird. Nun schwankt aber auf diesen langen Linien nicht nur der Betrag der Störung, sondern es kann bald der östliche, bald der westliche Flügel abgesunken sein, wie wir dies eben an dem Hauptbruche der Wahsatch-Mountains und des M. Nebo sahen, und wie dies ja auch z. B. Elie de Beaumont vor Jahren an dem Bruche von Zabern in den Vogesen dargestellt hat.

Ein Beispiel soll dies zeigen.

Wir folgen von Süd gegen Nord Dutton's Darstellung der Sevierlinie (5, Fig. 13). Sie beginnt 35 Miles nördlich vom grossen Cañon. Anfangs ist sie mit der gesunkenen Seite nach abwärts gebeugt, also entgegengesetzt der gewöhnlichen Schleppung, und die andere Seite ist horizontal. Fünf Miles entfernt von der Störung liegen die an der Störung gebeugten Schichten auch horizontal und ebenso hoch wie der jenseitige Flügel. Weiter nördlich ist sie abgestuft in zwei Brüche. Noch weiter, am Rande des Paunsagunt-Plateaus, ist die gesunkene westliche Seite aufwärts gebeugt, die andere horizontal. Noch weiter nach Nord treten von der gesunkenen Seite her Zweigbrüche hinzu, und es tritt etwas Staffelbildung ein. Der Bruch vereinigt sich wieder, hat aber an verticalem Ausmaasse verloren.

Es beträgt die Senkung bei Hillsdale, noch immer am Rande des Paunsagunt-Plateaus, etwa in 37° 40′, nur 800 Fuss. Dies bleibt sich durch beiläufig 10 Miles gleich; durch die nächsten 60 Miles folgt eine sehr allmälige Zunahme. In Panquitch Cañon, den der Sevier durchfliesst, liegt ein grosses eruptives Centrum und wird die Verfolgung schwieriger, doch bildet der Hauptbruch die grosse Plateauwand gegen Ost.

In Circle-Valley geht nun ein Zweig ab und kehrt wieder zurück. Noch nördlicher, bei East Fork Cañon (38° 5′ — 38° 10′) sind die gesunkenen Schichten aufgebeugt gegen den Bruch, gegen oben aber abgetrennt, mit einem Verwurfe von 3000 Fuss. Das Maximum der Dislocation wird bei dem Mormonendorfe Monroe (38° 38′) erreicht, dann nimmt der Betrag der Störung ab.

Zwischen Glenwood und Salina (zwischen 38° 45′ und 38° 75′) scheint derselbe auf Null gesunken zu sein und nun tritt gänzliche Verkehrung ein. Während auf der ganzen Strecke bis hieher der westliche Flügel gesenkt war, erfolgt nun die Senkung gegen Ost. Der Bruch bildet nun den Ostrand des San Pete-Plateaus und nimmt fortwährend zu, bis in die Nähe des M. Nebo.

Dutton nimmt an, dass in diesem nördlichen Theile eine jüngere Bewegung der älteren gefolgt sei.

Es ist mir nöthig erschienen, so weit ins Einzelne zu gehen, um den Wechsel in den wesentlichsten Merkmalen erkennen zu lassen. Es ist ferner die der gewöhnlichen Schleppung entgegen-

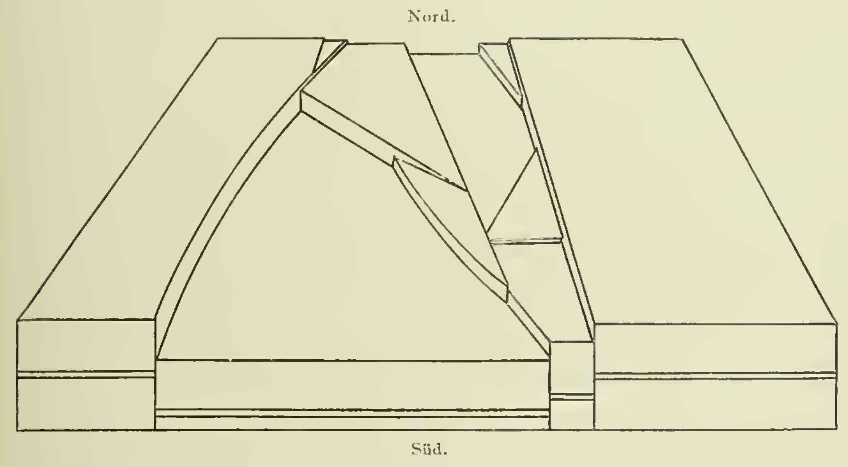


Fig. 14. Stereogramm eines Theiles der „Musinia-Zone of diverse Displacement" nach Gilbert und Powell. (Siehe Fig. 13, Linie 11 und 12.) Die unterste horizontale Linie ist die Meeresfläche; die Doppellinie entspricht den höchsten Theilen der Kreideformation.

gesetzte Aufbeugung der Schichten am südlichen Ende der Sevier-Linie hervorzuheben. Dieser Fall trifft öfters ein und wird dadurch erklärt, dass an derselben Stelle Dislocationen im entgegengesetzten Sinne eingetreten seien, d. i. dass z. B. erst der östliche, dann der westliche Flügel der tiefere gewesen sei.

Das Maass der verticalen Dislocation steigt bis auf etwa 7000 Fuss an einzelnen dieser Linien. Ueber die Art der Bewegung, d. i. ob der tiefer liegende Flügel gesenkt oder der andere gehoben sei, sprechen sich die amerikanischen Forscher ohne Ausnahme mit der äussersten Zurückhaltung aus und verwahren sich sogar ausdrücklich dagegen, dass aus den von ihnen gewählten Ausdrücken eine bestimmtere Folgerung gezogen werde. In einzelnen

Fällen jedoch, namentlich wo es sich um Grabenverwürfe handelt, welche mit secundärer Zertrümmerung verbunden sind, wird von Dutton ausdrücklich zugestanden und betont, dass es sich um gesunkene Blöcke handelt. Dies gilt z. B. insbesondere von dem Streifen Landes, welcher von Powell als die „Musinia Zone of diverse displacement“ dargestellt worden ist, und welcher nahe dem südwestlichen Rande des Wahsatch-Plateaus zwischen der West Musinia- und East Musinia-Linie (11 und 12, Fig. 13) gelegen ist.[30]

Die amerikanischen Geologen nennen als bezeichnend, ja als bedingend für diese Form des Gebirgsbaues die gänzliche Abwesenheit jener horizontal wirkenden Kraft oder Spannung, welche Kettengebirge mit alpinen Merkmalen erzeugt. Dutton meint sogar, die Musinia-Zone sei zwischen auseinander gezogenen Gebirgstheilen eingesunken. —

Alle diese Sprünge sind von sehr geringem, einzelne wahrscheinlich von postquaternärem Alter. Die vorhandenen älteren tertiären Schichten werden von all' diesen Brüchen durchschnitten. Dutton hat jedoch an einigen wenigen Stellen die Spuren eines älteren Systems von Flexuren gefunden, welche von Südost her unter das Aquarius-Plateau streichen, und welche jünger als die Kreide und älter als die Tertiärformation sind.[31]

Wir werden diese langen Brüche im horizontalen Gebirge, welche aus Flexuren hervorgehen und einen wechselnden Verwurf zeigen, als Tafelbrüche bezeichnen. —

Es gibt aber ausser diesen typischen Tafelbrüchen noch eine Anzahl sehr grosser Brüche, welche gar mannigfaltige Merkmale zeigen und für welche, besondere Namen für jeden einzelnen Fall einzuführen, mir nicht nöthig erscheint. Solche sind z. B. die erythräischen Spalten, nämlich jene des Rothen Meeres, des Jordan und die syrische Küstenlinie, dann die vulcanischen Linien des westlichen Südamerika. Sie werden einzeln nach dem heutigen Stande der Beobachtung zu besprechen sein. —

Alle bisher besprochenen Formen der Senkung sind an eine Gruppe von linearen Flexuren oder Sprüngen gebunden, an welchen sich die Dislocation vollzieht. Es gibt aber noch eine weitere, gar wichtige Gruppe von Senkungen, welche ohne sichtbare lineare Spaltenbildung vor sich zu gehen scheint. Es bricht

ein Stück der Erde zur Tiefe, mit unregelmässigem, bald rundem, bald länglichem Umrisse; steile Wände umgeben den eingestürzten Raum, aber man sieht nicht, dass lineare Spalten gebildet wären. In einzelnen Fällen bildet allerdings eine gerade Linie einen Theil des Umrisses; dann hat die Senkung eine ältere Spalte sich gleichsam zu Nutze gemacht; die Abtrennung ist nach einer älteren Kluft erfolgt, aber die Kluft wurde nicht durch den Einsturz erzeugt. Bald steht ein solcher Einbruch vereinzelt, gleich einem Kessel; bald ist er zu gross und unregelmässig, um diese Bezeichnung passend erscheinen zu lassen. Der Umriss streckt sich wohl auch in der Richtung des Streichens des Gebirges, aber der Einsturz erfolgt ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des Gesteins. Sehr oft endlich schliessen sich mehrere oder viele solche Einbrüche an einander, durch sporenartige Horste unvollständig getrennt, oder auch vereinigt zu einem einzigen weiten Einbruche.

Diese Einbrüche haben ferner die Eigenthümlichkeit, dass sie im gefalteten Gebirge erscheinen, also in Regionen, in welchen jene horizontalen Spannungen allerdings vorhanden sind, deren Abwesenheit im Colorado-Plateau so auffallend ist, und man kann ferner behaupten, dass sie gegen den äusseren Rand der Faltengebirge selten, gegen den inneren Rand dagegen sehr häufig sind. So gilt es wenigstens für das Alpensystem.

Die Granititmasse der Schneekoppe und des Isergebirges nimmt im Riesengebirge eine ähnliche Stelle ein wie die sogenannten Centralmassen der Alpen. Ersteigt man von Böhmen her die Höhe des Gebirges, so kreuzt man einen an seinen Schichtenköpfen recht deutlich abgegrenzten Mantel von Schiefer und Gneiss. Man überschreitet nun den Granitit und gelangt plötzlich an die Ränder des steil zur Tiefe gesenkten Kessels von Hirschberg. Gänge von Porphyr durchsetzen quer auf das Streichen die Masse der Schneekoppe; auch sie sind an den Rändern des Kessels abgebrochen, und in der Tiefe erkennt man ihre abgesunkenen Fortsetzungen. Von allen Beobachtern ist der Hirschberger Kessel als ein Einbruch aufgefasst worden. Beyrich hat das verhältnissmässig junge Alter desselben nachgewiesen.[32]

Das am weitesten nach aussen stehende Beispiel einer solchen Senkung in den Alpen bietet die Flyschzone bei Salzburg. Ein

leicht kennbarer Streifen von eocänem, petrefactenreichem Grünsand und Eisenoolith, begleitet von zuweilen riffartig hervortretendem, gleichfalls eocänem Lithothamnienkalk, streicht an dem äussersten Saume des Gebirges von Baiern her gegen Ostnordost, bricht ab und taucht mit gleichem Streichen jenseits der Salzach bei S. Pankraz, am Wartberge bei Mattsee und an anderen Stellen wieder hervor. Innerhalb dieses äussersten Saumes und grösstentheils mit demselben ist die Flyschzone ihrer vollen Breite nach gegen Ost bis an die Salzach und gegen Süd bis an die Kalkwände des Untersberges zur Tiefe hinabgesunken. Es fehlt daher dieser Gegend das waldige Vorgebirge, welches sonst das landschaftliche Mittelglied zwischen dem grünen Flachlande und den schroffen Abstürzen des Hochgebirges bildet; aber gerade der hiedurch hervortretende, ungewohnte Gegensatz bedingt die unvergleichliche Lage der Stadt und den gewaltigen Eindruck, welchen die Höhen des Stauffen- und des Untersberges hervorbringen.

Ein zweites Beispiel ist der merkwürdige Einbruch des Prättigau, von welchem ich bald ausführlicher zu sprechen haben werde.

Ein dritter Fall ist der Einbruch von Laibach, mit ausserordentlich unregelmässigem Umrisse, unterbrochen und getheilt durch zahlreiche aufragende Klippen.

Ein viertes Beispiel ist die Senkung von Wien. Diese steht fast ebenso weit nach aussen wie jene von Salzburg, aber sie umfasst ausser dem Flysch die gesammte Breite der Kalkzone. Diese Senkung ist im Sinne des Streichens des Gebirges, welches hier gegen Nordost gerichtet ist, viel länger als ihre Breite. Gegen Südwest bildet die Thermenlinie von Baden und Vöslau die Grenze, doch kennt man einzelne Thermen auch an dem östlichen Rande.

Ein erneuerter Besuch des Ostrandes der Alpen gegen die ungarische Ebene hat mich in der Ansicht bestärkt, dass der Einbruch von Wien im Zusammenhange mit diesem Rande zu betrachten ist.

Die Alpen enden hier nicht mit geradlinigem Bruche und sie dachen nicht mit lang unter die Ebene hinablaufenden Falten ab.

wie dies allerdings weiter im Süden der Fall ist. Es sind im Gegentheile zwei grosse, bogenförmige Ausschnitte in dem Gebirgsrande vorhanden, welche zwei Einsenkungsgebieten entsprechen.

Die Umrahmung der ersten Senkung beginnt mit niedrigen Gneisskuppen in der Nähe des südlichen Endes des Neusiedlersees und verläuft über Kobersdorf und Landsee gegen Güns. Bei Landsee erhebt sich an diesem Rande eine nicht unbedeutende Basaltmasse; auch im Innern der Senkung sieht man Basalt bei Pullendorf.

Das zweite Senkungsgebiet ist viel ausgedehnter. Es reicht von dem aus wahrscheinlich devonischem Schiefer gebildeten Südrande des Gebirgszuges von Güns in weitem Bogen bis Graz und von da bis Marburg am Ostende des Bachergebirges. Wenn man, von Güns kommend, eine Anzahl jener Thäler gekreuzt hat, welche, in weiche tertiäre Lagen eingesenkt, von den steirischen Bergen zum Raabflusse hinabziehen, so kann man nahe der Westgrenze Ungarns, z. B. auf den Höhen zwischen Grobendorf und Ulberndorf oberhalb Stegersbach, den Blick gegen Südwest gerichtet, ein für alpine Gebiete seltenes Bild sehen.

Zur Rechten weichen die hohen und dunklen devonischen Berge von Graz in weitem Bogen zurück; hinter ihnen erheben sich die aus Gneiss und altem Schiefer bestehenden noch höheren Rücken, welche, südwärts zur Koralpe ziehend, allmälig dem Auge entschwinden. Vor den Bergen von Graz liegt ein Stück grüner Ebene, dann mitten in der Landschaft, ganz vereinzelt, die grosse kubische Masse der Riegersburg, der Rest einer einst viel weiter ausgebreiteten Decke von basaltischer Breccie und Tuff. Ein wenig links von dem senkrechten Absturze der Riegersburg werden die Umrisse der Trachytberge von Gleichenberg sichtbar. Noch weiter links verliert sich der Blick in dem Dufte, welcher über der weiten ungarischen Ebene ausgebreitet liegt.

So endet der Hauptstamm der Alpen. Es ist nicht allmäliges Untertauchen, sondern Abbruch, oder vielmehr zweifacher bogenförmiger Einbruch, begleitet von vulcanischen Ausbrüchen, und es ist gar kein ursachlicher Zusammenhang kennbar zwischen dem Gefüge des Gebirges und dem Verlaufe dieser Einbrüche. Der

Gebirgszug von Güns tritt wie ein Horst zwischen beiden Einbrüchen hervor.

Der Zusammenhang dieser beiden Senkungen mit jener von Wien verräth sich durch den Umstand, dass es dieselben Glieder der mittleren Tertiärablagerungen sind, welche sich von Wien bis zum Bacher an die Bruchränder schmiegen. Die erste Mediterranstufe, welcher auch die Meeresmolasse der Schweiz angehört, zieht sich von Baiern her am Rande der böhmischen Masse über Linz, Melk, Horn u. s. w. hin; sie ist noch niemals innerhalb der eben genannten Senkungen gefunden worden, aber sie tritt südlich vom Bachergebirge wieder in ansehnlicher Entwicklung hervor. Das älteste Glied, welches innerhalb dieser Senkungen erscheint, sind die lignitreichen Schichten von Pitten und Eibiswald mit der Fauna des Mastod. angustidens. Ihnen folgen Meeresschichten der zweiten Mediterranstufe mit Cerith. lignitarum, Pyrula cornuta und der westafrikanischen Tugonia anatina, dann die ganze mannigfaltige Serie jüngerer Glieder.

Es ist daher das Alter der drei Einsenkungen von Wien, von Landsee und von Graz ziemlich genau bekannt, und wir werden sehen, dass beträchtliche, ausserhalb der Alpen gelegene Einsenkungen in Mittel-Europa auch beiläufig derselben Phase der Tertiärzeit zufallen.

Diese Einsenkungen sind aber die Zeichen eines Weichens der Unterlage unter einzelnen Theilen der bereits gefalteten Alpen.

Noch auffallender als in den Alpen ist die kesselförmige Gestalt der Einbrüche an der Innenseite des Appennin. Seitdem ich vor Jahren das bogenförmige Eingreifen dieser Brüche in das gefaltete Gebirge beschrieb, habe ich wiederholte Gelegenheit gehabt, mehrere derselben neuerdings zu besuchen, und bin dabei in meinen damaligen Ansichten bestärkt worden. Schon der Umriss des Golfes von Genua ist hier zu nennen; die toscanische Senkung, mehr nach dem Streichen des Gebirges gestreckt und bis in den Innenrand der östlichen Flyschzone eingreifend, gleicht in vieler Beziehung der Niederung von Wien. So wie man vom Westen, z. B. von München kommend, auf der Eisenbahn nur die Flyschzone überschreitet, um sich in Wien in der Tiefe der alpinen

Senkung zu befinden, so übersetzt die Eisenbahn zwischen Bologna und Pistoja auch nur den Flysch, und Floren liegt ebenso auf einer Senkung des Appennin, wie Wien auf einer Senkung der Alpen.

Gegen Süd wird dann die kreisförmige Gestalt immer deutlicher, so am Südrande des Golfes von Neapel bis Capri hinaus, im Golf von Salern zwischen Capri und Punta della Licosa, im Golf der S. Eufemia zwischen Cap Suvero und dem vaticanischen Vorgebirge, endlich im Golf von Gioja zwischen diesem Vorgebirge und Scilla. Die Horste ragen als Vorgebirge ins Meer hinaus. Die Tiefe dieser Senkungen kennen wir nicht, aber wir wissen, dass noch mindestens 1500 Fuss Asche und Tuff unter der Stadt Neapel liegen. Selbstverständlich hat man bei Beurtheilung dieser Einbrüche nicht die flach concave Küstenlinie ins Auge zu fassen, sondern den bogenförmigen Abhang des Gebirges, welcher in seinem Laufe von einem Vorgebirge zum andern sich mehr oder weniger weit landeinwärts zieht. Auch die peripherische Schütterlinie Calabriens scheint nichts Anderes als der Grundplan zu sein, nach welchem ein neuer grosser Einbruch dieser Art sich allmälig vorbereitet. Ebenso ist vielleicht der grosse bogenförmige Steilrand entstanden, welcher den Piano di Catania und den Aetna umfasst und sich vom M. Cieri oberhalb Taormina über M. Sordo, M. Gallina oberhalb Nicosia, über Castro Giovanni, Piazza, Caltagirone, Vizzini, zur Küste zwischen Syracus und Noto erstreckt.

Es ist also die Westküste Italiens mit einer langen Reihe von Einsenkungen besetzt, welche in ihrem Zusammenhange den unregelmässigen Abbruch des Appennin und die wechselvolle Gliederung dieser Küste im Gegensatze zur Ostküste erzeugen. Nur durch Einbrüche dieser Art konnten Horste erzeugt werden wie der lange, quer auf das Streichen des Gebirges aufragende Kalkzug von Sorrent und Capri.

Brüche von dieser Art können aber ein noch weit grösseres Maass erreichen. Dies lehrt die Beschaffenheit vieler Küsten, welche steil und quer auf das Streichen gebrochen sind.

Betrachten wir z. B. die Gebirge der Krim. Schon Pallas hielt die nördliche Hälfte des Schwarzen Meeres für ein Senkungs-

feld. Viele neuere Beobachter, unter ihnen Spratt, schlossen sich dieser Meinung an und begründeten sie durch den plötzlichen Absturz des Meeresbodens und durch die Beschaffenheit der Bruchränder des taurischen Gebirges. In der That beträgt die Tiefe des Meeres nördlich von der Linie Cap Emineh — Cap Saritsch nur 70—80 M., während sie südlich von derselben schnell auf 1000—1800 M. steigt, und in der Mitte der Westhälfte des Pontus hat Spratt sogar Tiefen von über 2100 M. gefunden; das ist beinahe der doppelte Betrag der Höhe der taurischen Berge.[33]

Auch gegen Ost hin hat Em. Favre, gestützt auf Abich's Arbeiten, sowie auf seine eigenen Beobachtungen, sowohl im Kaukasus als auf der Krim, den einstigen Zusammenhang dieser Gebiete nachgewiesen.[34]

Der Kaukasus kann gedacht werden als bestehend aus zwei einseitigen Ketten, welche von Südwest her aneinandergerückt sind. Grosse Vulcane stehen hier ausnahmsweise mitten im Gebirge, nämlich Elbruz und Kasbek, dem südlichen Abhange aber gehören die grössten Brüche und Störungen an. In der Nordkette fallen Jura, Neocom und die jüngeren Schichten concordant gegen Nord, während die südliche Kette eine durchgreifende Discordanz zwischen Jura und Neocom erkennen lässt; auch fehlt der Nordkette, wie es scheint, die ältere Tertiärstufe gänzlich.

Die südliche Zone des Kaukasus ist es nun, welcher das taurische Gebirge nach Favre angehört; in diesem ebenfalls nordwärts geneigten Bruchstücke wiederholen sich seine stratigraphischen Eigenthümlichkeiten.

Das taurische Gebirge, jenes gegen Süd keilförmig gestaltete Bruchstück der äusseren Ketten eines grossen Gebirgszuges, ist also ein Fragment des vom Innenrande her eingesunkenen Kaukasus. Sein keilförmiger Umriss entspricht seiner Stellung als Horst zwischen der östlichen und der westlichen Einsenkung des Pontus.

Noch weit grössere Beispiele für solche Senkungen anzuführen, wird sich an späterer Stelle die Gelegenheit finden.

C. Dislocationen aus vereinigter Senkung und tangentialer Bewegung.

In jenen Fällen, in welchen Senkung und tangentiale Bewegung thätig waren, ist zuerst zu unterscheiden, welches die Streichungsrichtung der hauptsächlichen Bruchlinie im Verhältnisse zu der Richtung der faltenden Kraft ist. Steht der Bruch annähernd senkrecht auf der Richtung der Gebirgsfalten, ist er also ein Querbruch, so wird die Störung wahrscheinlich durch den verschiedenen Grad der Faltung auf beiden Seiten mehr oder weniger der schrägen Bewegung an einer Blattfläche gleichen. Ist dagegen der Bruch ein Längsbruch, was viel häufiger vorkommt, so ist zu unterscheiden, ob der gesenkte Theil im Sinne der faltenden Kraft nach innen oder nach aussen liegt, ob also z. B. in einem nach Nord gefalteten Zuge der südliche oder der nördliche Theil abgesunken ist.

Wird ein gefaltetes Gebirge von einem Längsbruche durchschnitten und sinkt an demselben der innere Flügel zur Tiefe, so zeigt sich nicht selten in dem Gebirge das Bestreben, in einer der normalen Faltung ganz entgegengesetzten Richtung den Bruch zu überfalten, wodurch an demselben nicht nur Aufrichtung, sondern auch Einklemmung und Umstürzung der Schichten entstehen mag. Diese Erscheinung nennen wir Rückfaltung.

Das mittlere Europa umschliesst mehrere sehr ausgezeichnete Beispiele von Rückfaltung.

Die grosse Masse des Riesen- und Isergebirges sammt der Heuscheuer und den inneren Theilen der Sudeten ist nach Nordost bis Ost bewegt. An ihrem Innenrande ist sie auf eine lange Strecke durch einen nordwestlich streichenden Bruch abgeschnitten, und auf dieser Linie ist in einer dem normalen Gebirgsbaue entgegengesetzten Richtung Granit mit anderen archäischen Felsarten gegen Südwest über weissen Jura und Kreide herübergebeugt. Es hat in letzter Zeit v. Dechen die hierauf bezüglichen Thatsachen für die 127 Km. lange Strecke von Oberau bei Meissen bis Zittau gesammelt. Man ersieht, dass an einzelnen Stellen

Aufrichtung von Kreide an Granit, an anderen wahre Ueberschiebung von Granit über Jura und Kreide beobachtet wurde.[35]

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an dem südwestlichen Rande der böhmischen Masse, im Angesichte der Alpen. Bei Voglarn, unweit von Ortenburg in Baiern, haben Egger und Gümbel eine Ueberschiebung von Gneiss über eine nach abwärts gerichtete Synklinale von oberem Jura gefunden, und Ammon hat gezeigt, dass in diese Mulde auch die Kreideformation eingeklemmt ist. Auch dieser Bruchrand ist daher nach Ablagerung der Kreideformation vom hangenden Flügel her überschoben.[36]

Aehnlich dürfte es sich auch an dem Südrande des Teutoburger Waldes verhalten. Es ist allerdings in solchen Fällen schwer zu sagen, ob wahre Verwerfungen überschoben wurden oder Flexuren; bei dem grossen Ausmasse der Brüche wird das Erstere als wahrscheinlicher zu betrachten sein.

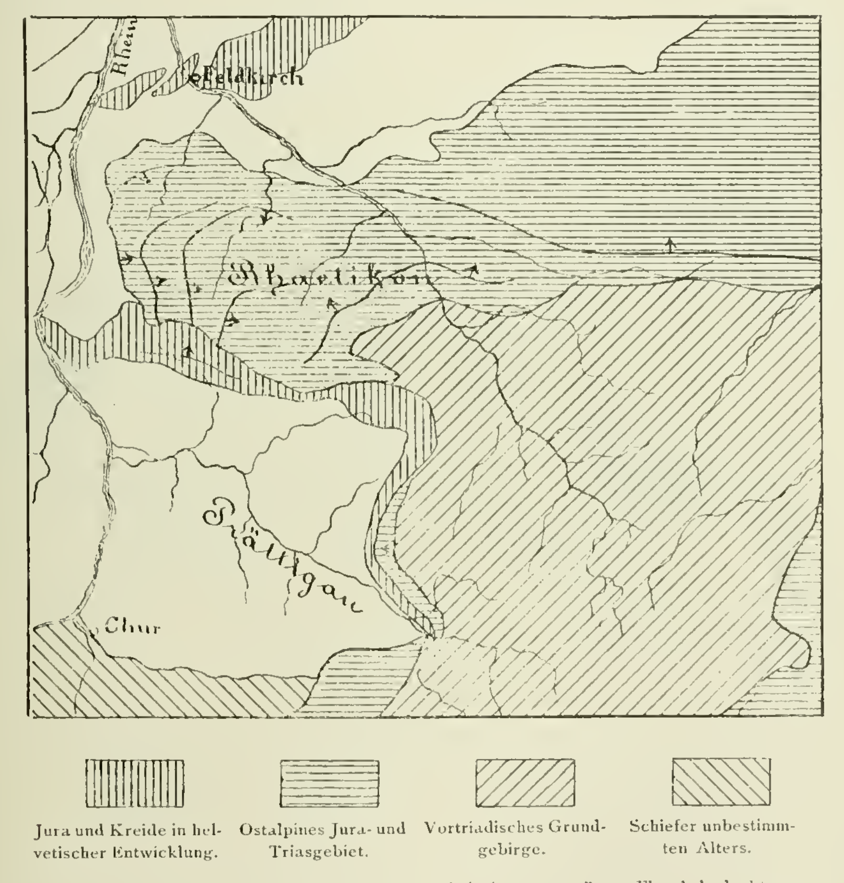
Dieselbe Rückfaltung tritt auch in den alpinen Einsturzgebieten auf.

Es hat H. v. Mojsisovics die Güte gehabt, das Einsturzgebiet des Prättigau auf Fig. 15 nach dem heutigen Stande der Erfahrungen darzustellen.

Man sieht, wie der westliche Theil der Kalkzone der östlichen Alpen im Rhaetikon endet, und wie an diesem Ende die Faltungen und Wechsel in wahrer Schuppenstructur rechtwinkelig umgebeugt werden, so dass sie zuletzt nordsüdlich streichen, als wäre eine grosse horizontale Verschiebung der Ostalpen gegen die Westalpen an der Rheinlinie eingetreten, und als sei der Rhaetikon horizontal geschleppt. Uebersteigt man nun von Norden her den Rhaetikon und erreicht man an seinem höchsten Punkte, der Scesa Plana, den steil abstürzenden Südrand, so sieht man nicht, wie es etwas weiter gegen Ost der Fall ist, Berge von älterem Schiefer und über diesen vergletscherte Kämme und Zacken von Gneiss, sondern tief unten das grüne Hügelland des Prättigaus, zuerst aus Jura und Kreidebildungen von helvetischem Typus zusammengesetzt, wie sie jenseits des Rheins am Säntis zu Tage stehen, und eine grosse Ausbreitung von Flysch. Gegen Ost ist der Bruch ebenfalls sehr scharf ausgeprägt, und eine schmale Um-

randung von Triasbildungen bezeichnet die Grenze gegen die Gneissmasse der Silvretta.

Hier, wo im Rhaetikon die Faltungsrichtung gegen Nord und Nordwest bis zur Bildung von Wechseln und Schuppenstructur gestiegen ist, findet nichtsdestoweniger an dem Südrande desselben und zum Theile auch an dem Westrande der Silvretta deutliche Rückfaltung statt, so dass das Senkungsfeld gegen Nord



Der weiss gelassene Raum östlich vom Rhein ist von eocänem Flysch bedeckt.

Fig. 15. Prättigau und Rhaetikon (nach einer von E. v. Mojsisovics gütigst mitgetheilten Skizze.)

und Ost davon in mehr oder weniger ausgeprägter Weise umgeben ist.

Die Hohe Wand bei Wiener-Neustadt ist ein ähnliches Beispiel von Rückfaltung in einem alpinen Einsturze. Es ist dieselbe, deren Blattflächen S. 158 erwähnt wurden. Diese Wand läuft der Thermenlinie in unmittelbarer Nähe parallel und bezeichnet den

stärksten Abbruch des östlichsten Flügels der Kalkalpen. Obwohl, wie Bittner gezeigt hat, dieser ganze Gebirgstheil in ausgeprägter Schuppenstructur gegen Nordwest in Schollen gestaut ist, sieht man an diesem inneren Bruche dennoch Trias über Kreideformation im entgegengesetzten Sinne, nämlich gegen Südost überschoben, und es kommt dabei zur Bildung einer grossen Wechselfläche.

Was aber diese Stelle besonders lehrreich gestaltet, ist der ebenfalls von Bittner bereits erwähnte Umstand, dass die ganze



Fig. 16. Der Fuss des Heiligensteines an der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt (Niederösterreich).

Tr Triaskalk; *gk* — Gosau-Kalkstein; *gc* — Gosau-Conglomerat; *gs* — Gosau-Sandstein; *n n, n' n'* Wechsel- (Ueberschiebungs-) Fläche zwischen Trias und überstürzter Kreideformation; *m m m* Linie der Verschiebung an der Blattfläche *a a a; b b* Tafel von Reibungsbreccie an dem Blatte.

gegen Südost rückgefaltete und überschobene Masse von jüngeren Blättern durchschnitten und nach denselben etwa in ähnlicher Weise staffelförmig verschoben ist, wie der Kalkabsturz am Südabhange des Dachsteingebirges oder des Steinernen Meeres, und dass diese Blätter der Richtung der nahen, durch die Erdbeben-Beobachtungen bekannt gewordenen Kamplinie entsprechen. —

Wenn nun aber in einem faltenden Gebirge Absenkungen auf im Streichen liegenden Sprüngen in solcher Weise sich ereignen,

dass ein nach aussen liegender Gebirgstheil gesenkt wird, dass also z. B. in einem nordwärts faltenden Gebirge auf Ostwestsprüngen nordwärts von der Hauptregion der Faltenbildung das Land hinabsinkt, dann erfolgt weit grössere Horizontalbewegung, als würde sie befördert durch die vorliegende Senkung. Dies nennen wir Vorfaltung.

Dies scheint der Vorgang zu sein, welcher zu den verwickelten Lagerungsverhältnissen in den belgischen Kohlenfeldern geführt hat.

Aus der Gegend von Boulogne bis nach Aachen reicht eine grosse Ueberschiebung des Gebirges gegen Nord, welche es dahin bringt, dass an mehreren Stellen, im Pas de Calais wie bei Lüttich, das flötzreiche Carbongebirge unter devonischen Schichten abgebaut wird, und dass bei Namur ein nach abwärts gerichtetes Stück eines grossen Faltensattels, bestehend aus silurischen und devonischen Ablagerungen, dem in gleichem Sinne nach abwärts gekrümmten carbonischen Gebirge auflagert.

Der ausgedehnte Bergbau, durch welchen überhaupt all' diese ausserordentlichen Störungen unter dem von der Kreideformation bedeckten flachen Hügellande erst bekannt geworden sind, gestattet nach den heutigen Aufschlüssen bereits eine Analyse der Erscheinungen.

Nach Cornet und Briart hat man bei Namur zu unterscheiden: zuerst Bildung der silurischen Crête du Condroz durch Faltung aus Süd, welche die Verschiedenheit der Devonablagerungen im Norden und im Süden dieses alten Kammes veranlasst; hierauf grosse postcarbonische Faltung aus Süd, durch welche die erste Ueberschiebung des dem alten Sattel vorliegenden Theiles von flötzführendem Carbongebirge verursacht wird; dann Bildung eines ostwestlich streichenden, gegen Nord geneigten Sprunges, mit Absenkung des nördlichen Theiles; dies ist die ‚*faille de Boussu*' (*A A A*, Fig. 17), welche den nördlichen Theil der alten Faltung im Streichen schneidet und ihren nördlichen Theil senkt. Dann folgt ein zweiter Sprung, der ‚*Cran de retour d'Anzin*' (*B B B*, Fig. 17), im Streichen dem ersten fast parallel, mit südlichem Fallen denselben im Kreuz schneidend und verbunden mit Senkung eines sehr grossen südlichen Gebirgstheiles und Verwerfung der beiden

Flügel der älteren *Faille de Boussu*. Diesen von untergeordneten Bewegungen begleiteten Hauptsenkungen folgt nun die Ueberschiebung des südlichen Gebirges gegen Nord über die Brüche hin, auf der ganzen Erstreckung des Kohlengebietes, auf einer grossen Wechselfläche; dies ist die ,*Grande faille du Midi*' oder ,*Faille Eifelienne*' (*C C C*, Fig. 17).[37]

Das ausserordentliche Maass dieser Bewegung ergibt sich am besten aus dem Umstande, dass die Mächtigkeit des bereits durch Denudation verminderten Restes des flötzführenden Gebirges auf 2100 M., jene des Kohlenkalkes und Devons auf bei-



Fig. 17. Vorgänge im belgischen Flötzgebirge (nach Cornet und Briart).
A A A Bruch mit Senkung des Nordflügels (*Faille de Boussu*); *B B B* Bruch mit Senkung des Südflügels (*Cran de retour d'Anzin*); *C C C* grosser Wechsel (*Grande faille du Midi*); *M M* heutige Oberfläche und Auflagerung der Kreideformation.

läufig 2500 M. geschätzt wird, und dass die Ueberschiebung im Jahre 1877 bereits auf eine Länge von etwa 200 Km. bekannt war. Cornet und Briart haben, wie Fig. 17 zeigt, eine ideale Ergänzung des überschobenen Flügels versucht, um das Maass der eingetretenen, wohl die Ueberschiebung begleitenden Zerstörung und Abtragung des Gebirges zu beurtheilen, und veranschlagen diese bei Namur auf 5000—6000 M.

Ein höchst competenter Beurtheiler dieser Vorkommnisse, Gosselet, sagt: ,Die Ursache der Faltung liegt in der Versenkung der centralen Theile des Beckens und der relativen Erhebung

der Ränder mit Gleitung einer Schichte über der andern. Die Versenkung selbst ist eine Folge des andauernden Rückzuges der Erdrinde.'[38]

Von einer Trennung der tangentialen und der radialen oder, wie wir sagten, der faltenden und der senkenden Bewegungen ist bei dieser übersichtlichen Betrachtung der Dislocationen ausgegangen worden; die letzten Beispiele und insbesondere die auffallende Beförderung, welche die tangentiale Bewegung durch gleichzeitige Senkung des Vorlandes erfährt, leiten uns zurück zur Prüfung des ursachlichen Zusammenhanges beider. Diese Prüfung kann jedoch nur auf Grund der Vergleichung sehr grosser Theile der Erdoberfläche unternommen werden. Immerhin kann man aus den genannten Beispielen ersehen, dass in all' diesen Fällen ein gewisses Bestreben vorhanden ist, die Senkungen zu überschieben. Diese Ueberschiebung findet in grossem Maassstabe statt, wo die Senkung vor der ohnehin vorhandenen normalen Faltungsrichtung liegt, wie in Belgien vor der Faltungsrichtung der Ardennen; sie fehlt aber auch dann nicht, wenn die Senkung nach innen liegt, und dann mag sogar eine örtliche Umkehr der Bewegung eintreten, wie am Südrande des Riesengebirges oder an dem südwestlichen Rande der böhmischen Masse bei Voglarn, oder im Prättigau, oder an der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt.

Anmerkungen zu Abschnitt III: Dislocationen.

[1] G. Köhler, Ueber die Störungen im westphälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung; Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1880, XXVIII, S. 195—210, 2 Taf.; B. Lotti, Sopra una piega con rovesciamento degli strati paleoz. etc., Boll. Comit. geol. 1881, XII, p. 85—96, t. III; ders., La doppia piega d'Arni e la sezione travers. delle Alpe Apuane; ebendas. p. 419—428, t. IX.

[2] Clar. King, U. S. Geol. Explor. 40th Parallel, 4°, I, 1878, p. 744.

[3] G. K. Gilbert, in Wheeler, Rep. Geol. and Geogr. Explor. and Surveys West of 100. Merid., 4°, III, 1875, p. 62.

[4] A. Heim, Der Mechanismus der Gebirgsbildung, 4°, 1878, I, S. 233; II, S. 207.

[5] Heim, a. ang. Orte, und A. Baltzer, Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, XX, 4°, Bern, 1880, und Atlas.

[6] H. D. Rogers, On the Laws of Structure of the more Disturbed Zones of the Earth's Crust; Trans. Roy. Soc. Edinb. 1856, XXI c, p. 442: Uninverted side of Wave usually shoved over the Inverted.

[7] Al. Bittner, Die geolog. Verhältnisse von Hernstein, S. 305.

[8] Albr. Müller, Ueber die anormalen Lagerungsverhältnisse im westlichen Basler Jura, S. 428—462, und Tafel; vgl. Studer, Geol. der Schweiz, II, S. 330; Moesch, Der südl. Aarg. Jura, Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, X, 1874, Taf. II, Fig. 3.

[9] Cas. Moesch, Der Aargauer Jura und die nördlichen Gebiete des Cantons Zürich; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, IV, 4°, 1867, insbes. S. 266 und folg.; 20 Profile an der Grenze von Plateau- und Kettenjura; das Profil des Bötzberg-Tunnels in desselben Anhang zu Beitr. Heft IV (erschienen mit Heft X, 1874). Müller hat gemeint, zur Erklärung der Schuppenstructur ausser dem auch von ihm anerkannten Drucke aus Süd und der Stauung durch den Schwarzwald noch besondere parallele Brüche und insbesondere für die Wiesenberg — Mont Terrible-Kette und die Hasenhubel-Linie ‚wiederholte Stösse und Aufrisse aus der Tiefe' annehmen zu sollen. (Ich theile jedoch in dieser Beziehung die ältere, jetzt von Moesch mit grosser Sachkenntniss vertretene Ansicht, nach welcher sich alle diese Erscheinungen auf überschobene Wellen zurückführen lassen.)

[10] Dieses Profil ist zu wiederholten Malen, so kürzlich erst in den Verhandl. Schweiz. Naturf.-Ges. zu Aarau, 1881, S. 70—71, beschrieben worden. Ich habe den braunen Jura und Insectenmergel nicht anstehend getroffen.

[11] Köhler a. ang. Orte S. 199, 200.

[12] Köhler, Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar; Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1882, XXX, S. 31—43 und 278; 4 Taf.

[13] M. Bertrand, Failles de la lisière du Jura entre Besançon et Salins; Bull. soc. géol. 1882, 3e sér., X, p. 114—126.

[14] A. Escher v. d. Linth, Geol. Beschreib. d. Sentis-Gruppe (herausgeg. von Moesch); Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 1878, XIII, S. 71, 231.

[15] A. Jaccard, Jura Vaudois et Neuchatelois; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 1869, VI, p. 263, 264.

[16] Entstehung der Alpen, S. 61 u. folg.

17 F. Posepny, Die Goldbergbaue der Hohen Tauern (aus dem Archiv. f. prakt. Geol., I), 1879, S. 21, 92, 218 und a. and. Ort.

18 Ders., Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl in Kärnten; Jahrb. geol. Reichsanst. 1873, XXIII, S. 325 u. folg. Die bucklige Oberfläche des ‚Morgenblattes' ist, wie mir Hr. Bergmeister Gröger sagt, bereits auf 500 M. in verticaler Richtung bekannt; die drei Hauptgruppen der Blätter: Josefi, Struggl und Morgenblatt streichen nördlich bis nordnordöstlich, und es sind die erzführenden Blätter von zahlreichen tauben Blättern begleitet. Der Galmei liegt getrennt und abgeschnitten durch die nordnordwestlich streichende Galmei-Kluft.

19 Jahrb. geol. Reichsanst. 1867, XVII, S. 576.

20 Bittner, Hernstein, S. 245 u. folg.

21 z. B. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung, Taf. XV, Fig. 8.

22 E. Hull, The phys. Geol. and Geogr. of Ireland; 8°, 1878, p. 135, Fig. 17.

23 K. A. Lossen, Ueber den Zusammenhang zwischen Falten, Spalten und Eruptivgesteinen im Harz; Jahrb. k. preuss. geol. Landesanstalt, II, 1882, S. 1—50.

24 A. v. Groddeck, Beitr. zur Geogn. des Oberharzes, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1877, XXIX, S. 440 u. folg.; Lossen, ebendas. S. 38.

25 A. Daubrée, Etudes Synthét. de Géol Experimentale, 8°, 1879, insbes. pl. II.

26 E. Kayser, Ueber das Spaltensystem am Südwestabfalle des Brockenmassivs; Jahrb. k. preuss. geol. Landesanstalt, II, 1882, S. 412—454, Taf. X, XI.

27 F. Posepny, Ueber Dislocationen im Przibramer Erzrevier; Jahrb. geol. Reichsanst. 1872, XII, S. 229—234.

28 J. Krejci und R. Helmhacker, Erläut. zur geol. Karte der Umgebungen von Prag; Archiv f. d. naturw. Landesdurchforschung von Böhmen, 1879, IV, insbes. S. 82 - 90; derselben Verf. Erläut. zur geol. Karte des Eisengebirges, ebendas. 1882, V, an mehr. Ort., vervollständigt wesentlich das Bild des böhmischen Sprungnetzes in Südost.

29 C. E. Dutton, Rep. on the Geol. of the High Plateaus of Utah, 4°, 1880, mit Atlas, insbes. p. 25—54.

30 J. W. Powell, Rep. on the Geol. of the East. Portion of the Uinta Mountains, 4°, 1876, p. 16; Dutton, p. 34.

31 Dutton, p. 44.

32 E. Beyrich, Ueber die Lagerung der Kreideformation im schles. Gebirge, Abhandl. Berl. Akad. Wiss. 1854, S. 69; auch Kunth, Ueber die Kreidemulde bei Lähn in Niederschlesien; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1863, XV, S. 743.

33 Spratt, Geol. of Varna, Quart. Journ. geol. Soc. 1856, XIII, p. 80.

34 E. Favre, Rech. géol. dans la partie centr. de la Chaîne du Caucase, 4°, 1875, p. 106; Etude stratigr. de la Partie Sud-Ouest de la Crimée, 4°, 1877, p. 66—72 (aus den Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Génève).

35 v. Dechen, Ueber grosse Dislocationen; Sitzungsber. niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, 1881.

36 L. v. Ammon, Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau; Abhandl. zool.-miner. Ver., Regensburg, 1875, X, S. 94—97.

37 F. L. Cornet et A. Briart, Sur le Relief du Sol en Belgique après les temps paléoz.; Annal. Soc. géol. Belg. 1877, IV, p. 71 – 115, pl. VI—XI.

38 Gosselet, Sur la structure générale du bass. houill. Franco-Belge; Bull. Soc. géol. fr. 1879—1880, 3e sér., VIII, p. 505.

VIERTER ABSCHNITT.

Vulcane.

Denudationsreihe. — Vesuv und M. Nuovo. — M. Venda. — Laccolithen. — Palandokän und Dary-dagh. — Whin Sill. — Die Hebriden. — Predazzo. — Die Spalte im Banat. — Syenitische Narbe von Brünn. — Elk Mountains und Harz. — Batholithen; Drammengranit; Vogesen; Erzgebirge. — Maculae. — Einsacken. — Die Reihe.

Die vulcanischen Eruptionen, die Aschenkegel und die Lavaströme unserer Feuerberge sind nur geringe und oberflächliche Anzeichen von grossen Vorgängen in der Tiefe des Erdkörpers, von deren näherem Wesen bis heute trotz der unermüdeten Thätigkeit so vieler Forscher doch nur gar unvollkommene Kenntniss gewonnen ist. Die verschiedenen Richtungen dieser Thätigkeit zu verfolgen ist jetzt nicht meine Aufgabe, aber es mag versucht werden, von den bekanntesten Vulcanbergen der Gegenwart ausgehend, so weit als thunlich durch die Auswahl entsprechender Beispiele die allmälige Entkleidung und Zerstörung eines vulcanischen Berges zu verfolgen. Dies ist einer jener Wege, welche zur Kenntniss des tieferen Schlotes und der abyssischen Vorgänge führen sollten, und mancher Punkt ist allerdings auf demselben bereits verständlicher geworden. Es ist also, wenn der Ausdruck gestattet ist, eine Denudationsreihe, welche ich aufsuchen möchte.

An früherer Stelle (S. 67) wurde mit einiger Ausführlichkeit jener Trichter und Sandkegel gedacht, welche auf Sprüngen in den Alluvien bei Erdbeben hervorgebracht werden. Die am 9. November 1880 bei dem Erdbeben von Agram im Gebiete der Save gebildeten Sandkegel waren nicht höher als 0·3 M. Manche dieser

kleinen Kegel waren vereinzelt, andere standen auf gemeinschaftlicher Basis oder waren auf einer kleinen linearen Spalte gekuppelt.[1]

Diese winzigen Kegel haben in Bezug auf den mechanischen Vorgang bei ihrer Entstehung eine grössere Aehnlichkeit mit unseren grossen vulcanischen Bergen, als man in der Regel zuzugestehen geneigt war. Spalten werden gebildet, und die zähe oder flüssige Masse dringt aus der Tiefe an einzelnen Stellen hervor; es mag die Umgebung nachsinken und dadurch das Emporquellen gesteigert werden.

Im Wesentlichen wiederholen sich diese Umstände bei den Vulcanen. Es entsteht durch Senkung oder auf andere Art ein Sprung; an einer Erweiterung desselben oder dort, wo er von einem Quersprunge gekreuzt wird, bietet sich die Gelegenheit zur Entlastung der mit gespannten Wasserdämpfen erfüllten Laven, und diese dringen hervor. Explosion und Zerstäubung erfolgt. Ein Aschenkegel wird aufgeschüttet; der Aschenkegel reisst an der Seite auf, oder der Rand seines Kraters wird überwältigt; ein Strom heissen Gesteins breitet sich an seinem Fusse aus; oftmals fehlt auch der Strom. Das ist in der Regel Alles. Aber es ist auch schon bemerkt worden, und Geikie hat es kürzlich wieder betont, dass die grossen Decken von Laven, welche da und dort über viele Quadratmeilen ausgebreitet angetroffen werden, nicht auf diesem Wege gebildet worden sind, sondern dass sich wahrscheinlich die Spalten selbst ihrer Länge nach öffneten.[2] In solchen Fällen möchte wohl auch durch das Nachsinken grösserer Gebirgstheile das Emporquellen vermehrt worden sein, wie bei den grossen Ergüssen an den Sprunglinien der Hochplateaux von Utah vorausgesetzt wird.

Man kann, die Aufschüttungskegel untereinander vergleichend, verschiedene Typen der Ausbildung unterscheiden, wie Vesuv und M. Nuovo, aber wenn irgendwie haltbare Ergebnisse erreicht werden sollen, darf nicht vergessen werden, dass auf diesem Gebiete jeder Versuch einer strengeren Schematisirung ein Irrthum wäre.

Berge mit Somma und Atrium, wie der Vesuv, bauen und verfestigen sich auf eigenthümliche Weise. Das Gebälke von

Laven, welches von der Asche verhüllt wird, hat ohne Zweifel einen recht verwickelten Bau. Jeder grössere seitliche Ausbruch eines solchen Berges schafft einen verticalen Eruptivgang, welcher wie eine Wand von dem Schlot bis zur äusseren Fläche des inneren Kegels, also bis zum Atrium reicht, — ferner einen kürzeren Strom von Ergüssen an dem äusseren Mantel des inneren Kegels, welcher unmittelbar aus den reihenweise gestellten Bocchen oder Eruptionsschlünden auf dem Eruptivgange hervortritt, — dann einen mehr oder minder geschlossenen Atrialring, welcher durch Ausbreitung im Thale des Atriums erzeugt wird, — endlich den grossen und freien Lavastrom, welcher durch die Scharte der Somma hervortritt und über den Abhang des äusseren Kegels herabfliesst.

Seit jenem grossen Ausbruche, welcher den Schlund der Somma des Vesuv erzeugte, sind an diesem Berge Ausbrüche dieser Art oft eingetreten. Im Laufe dieser Zeit ist durch den Aufbau des centralen Kegels das Atrium an den Wänden der Somma immer weiter nach aufwärts gerückt worden. Stärkere Ausbrüche und vorübergehende Zerstörungen des centralen Kegels haben diesen Vorgang öfters unterbrochen, aber das endliche Ergebniss ist doch Erhöhung des Atriums und zugleich Vergrösserung seines Durchmessers gewesen. Die im Atrium erstarrten Ergüsse haben Ringstücke von immer grösserem Durchmesser gebildet, und diese übereinander gelagerten Atrialringe setzen heute im Innern des Berges einen grossen, konischen und nach oben geöffneten Becher zusammen, welcher den centralen Kegel von dem äusseren Kegel absondert und alle jüngeren Eruptivgänge des Centralkegels umschliesst. Diese stehen mit ihrem unteren Theile in diesem Becher, vertical und zugleich strahlenförmig gegen den centralen Schlund.

Ein solches Gerüste kann selbstverständlich nur entstehen, wo aus ein und demselben Schlunde zahlreiche Ausbrüche einander folgen. Am M. Nuovo, in den Phlegräischen Feldern überhaupt, sieht man nichts Aehnliches. Es sind wenig Lavaströme vorhanden und viele Ausbruchstellen. Die Neigung zur Verlegung der Ausbruchstellen tritt auf das Deutlichste hervor. Der M. Nuovo ist nur ein ringförmiger Haufe von Asche und einigen Schlacken,

dessen Kraterboden erstaunlich tief, ja fast in der Tiefe des äusseren Fusses liegt, sich also nur wenig über das Meer erhebt.

Der Gegensatz von Vesuv und den Phlegräischen Feldern ist also sehr gross, und er ist auch allbekannt. Er liegt nicht nur in der Verschiedenheit der Laven, sondern ganz vorzüglich in der Beharrlichkeit des Schlundes am Vesuv und der Veränderlichkeit der Eruptivstellen in den Phlegräischen Feldern.

Der Grund hiefür muss aber in der Beschaffenheit der Spalten gesucht werden, und ein Vergleich mit den Liparischen Inseln bietet, wie sich bald zeigen wird, vielleicht einige Aufklärung. —

Nun wird ein solcher vulcanischer Kegel den zerstörenden Einflüssen ausgesetzt. Die Asche wird herausgewaschen; das steinige Gerüste mag sich erhaltèn, so weit es aus steilen Gängen besteht; die Ergüsse, welche auf Asche ruhen, stürzen ab. Auf dem Scheitel des Berges treten in strahlenförmiger Anordnung die Eruptivgänge hervor. Zugleich wird der Sockel des Vulcans rings um seinen Fuss blossgelegt.

Man sieht die Reste der Krone und man sieht einen Theil der Unterlage, aber man sieht nicht den Schlot. Dies ist der Zustand, in welchem sich der M. Venda in den euganäischen Bergen bei Padua befindet.

Sein Bau und seine Gesteine sind oft beschrieben worden, am eingehendsten von E. Reyer.[3]

Wir wollen die Unterlage betrachten.

Die tiefste sichtbare Felsart ist eine am westlichen Fusse, bei Fontana Fredda, entblösste Masse von Oligoklas-Trachyt. Ueber ihr folgen tithonische Lagen mit Phylloceras und Terebr. diphya, knapp dem Trachyt auflagernd, flach nordwestlich geneigt, auf 2 bis 3 Fuss vom Trachyt in lichten körnigen Marmor umgewandelt, auf weitere 8 Fuss lichtblaugrau, minder marmorisirt, mit erkennbaren Petrefacten, noch höher oben von dem gewöhnlichen, knollig-flasrigen Gefüge der tithonischen Ablagerungen, doch sind auch in dieser Entfernung die Kalkknollen noch mehr oder minder marmorisirt. Es hat also der Oligoklas-Trachyt eine Veränderung am Contacte gegen oben ausgeübt und muss seitlich zwischen die Schichten hereingetreten sein.

Ueber dem Tithon liegt Biancone in starken Bänken, mit den bezeichnenden Fossilien des Neocom, dann eine Masse von Quarztrachyt, über welcher vielleicht noch etwas Neocom, dann die ganze Mächtigkeit der Scaglia folgt, als Vertreterin der höheren Theile der Kreideformation. Die Scaglia umschliesst mindestens zwei Massen von Trachyt, hievon die grössere gegen Nordwest. Knapp über der Scaglia liegt wieder Trachyt (M. Madonna, M. Grande u. A.). Das nächste Glied ist lichter, tertiärer Mergel, zuweilen einem Tuff ähnlich; er enthält fossile Blätter. In diesem Mergel liegt der Trachyt von Schivanoja. Darüber folgt der Hauptnummulitenkalk mit Fragmenten von Conolyp. conoideus und grossen Nummulinen. Hierauf tritt eine doleritische Einschaltung ein (Teolo, M. Oliveto, unter S. Antonio u. A.); es sind kleine Mengen dunkler basischer Laven vorhanden; die begleitenden dunklen Tuffe führen Orbitoiden und dürften beiläufig in den Horizont von Priabona zu stellen sein; diese dunklen Tuffe reichen an dem centralen Kegel des Venda ziemlich hoch hinauf und werden von seinen Eruptivgängen durchbrochen. Ueber dem doleritischen Tuff, in Bezug auf welchen mir noch nicht alle Zweifel darüber geschwunden sind, ob er nicht ein Ausläufer der grossen basischen Tuff- und Lavamassen des nahen vicentinischen Gebietes sei, folgt abermals Trachyt (M. Altorre, M. Guin u. A.). Dieser Trachyt ist der letzte; die vereinzelten Bergkuppen, welche er krönt, stellen Theile von Strömen dar, welche heute durch Erosion von dem centralen Kegel abgetrennt sind; ihre Entstehung ist gleichzeitig mit der Bildung der grössten Radialgänge (Pendise, Forche, Rua u. A.). Es folgt die rhyolithische Phase, das Aufschütten von weissem Tuff und die Bildung der Ergüsse von Rhyolith. Am Fusse des Sieve enthält der weisse Tuff Versteinerungen, welche demselben das Alter der Bryozoenschichten von Val di Lonte an der Basis der vicentinischen Oligocänschichten anweist. Das letzte Glied dieser langen Reihe endlich sind die schwarzen Laven (Sievit v. Rath), welche als Decke auf M. Sieve und den benachbarten Höhen erscheinen, und als Gänge, von glasigen Salbändern begleitet, den weissen Tuff durchsetzen.

Aus dieser Gesteinsfolge halte ich, wie gesagt, die tieferen Trachytmassen für seitlich eingetretene Lagermassen. Schon vor

längerer Zeit konnte gezeigt werden, dass hier eine grössere Menge von Oligoklas-Trachyt, seitlich zwischen die geschichteten jurassischen Kalksteine eindringend, eine bedeutende Masse derselben abgerissen, gleichsam schwimmend fortbewegt und an ihrer unteren Seite verändert habe. Das ist die am Contact veränderte tithonische Scholle von Fontana Fredda. Ebenso wurde damals erwähnt, dass grössere Massen von Trachyt seitlich keilförmig zwischen die auseinandertretenden Schichtflächen der Scaglia getreten seien, ja dass grosse Bruchstücke von Scaglia bei dieser Gelegenheit förmliche Breccien mit trachytähnlichem Bindemittel gebildet haben.[4] —

Anderen trachytischen Vulcanen Europa's fehlt entweder die Mannigfaltigkeit der Schichtgesteine des Sockels oder die günstige Erschliessung desselben. Um Vergleichungspunkte für diese seitlichen Ausbreitungen zu erhalten, wenden wir uns nach Amerika.

In den letzten Jahren ist, bei sehr erfreulicher Uebereinstimmung der Beobachter in Betreff der thatsächlichen Verhältnisse, eine Reihe merkwürdiger Entblössungen von in Sedimente eingeschalteten Laven durch unsere Fachgenossen in Nordamerika als ein besonderer Typus eruptiver Berge beschrieben worden. Allgemeine Darstellungen besitzen wir von Peale,[5] Gilbert[6] und Endlich[7] und gute örtliche Beschreibungen fehlen nicht. Es ergibt sich aus denselben, dass vereinzelte Bergmassen getroffen werden, welche in verschiedenen Horizonten, von der Kohlenformation bis zur oberen Kreide hinauf, das Eintreten postcretacischer Eruptivgesteine zwischen die Sedimente erkennen lassen. Am häufigsten findet dieses Eindringen in die weniger widerstandsfähigen Schiefer und Mergel der Kreideformation statt. Bald sieht man nur kleine Intrusivstöcke, bald schwellen sie in der Gestalt von halben Linsen oder von grossen Broden zu gar gewaltigen Massen an, und diese Massen sind es, welche Gilbert als ‚Laccolithen' bezeichnet. In der Regel stehen sie gruppenweise nahe um- und übereinander; in anderen Fällen trifft man sie einzeln. Die sedimentären Schichten wölben sich von den Rändern über den Laccolith herauf, und oft sind beträchtliche Theile der Kuppel über demselben erhalten. Zuweilen ist die Kuppel wohl auch von einem Netze radialer Sprünge durchbrochen, welche als sternförmig gestellte Gänge

den heutigen Denudationsrest überragen. Die meisten sichtbaren Laccolithen sind aus einer mächtigen Decke von lacustren Tertiärbildungen herausgewaschen, welche einstens weit und breit das Land bedeckte. Sie bestehen aus einer Felsart, welche von Endlich als ‚porphyritic trachyte' ausgeschieden, von Anderen schlechtweg als Trachyt bezeichnet wird; nur in wenigen Fällen sind sie aus Rhyolith gebildet. Man hat noch keine Laccolithen von basischen Laven gefunden.

Die wichtigsten Beispiele sind: die Berge um Park View Mount. auf der continentalen Wasserscheide zwischen North Park und Middle Park, Spanish Peaks vor dem Ostabhange der Rocky Mountains und nordwestlich von diesen die vulcanischen Berge des Huerfano-Gebietes, dann jenseits der Rocky Mountains, auf dem Colorado-Plateau, die isolirten Massen der Sierra la Plata, S. San Miguel, S. el Late, S. Carriso, S. Abajo, S. la Sal und westlich von diesen der Zug der Henry Mountains, welcher nahe östlich von der S. 169 Fig. 13 dargestellten Waterpocket-Flexur an dem Westrande des grossen Plateaus liegt. Manche dieser Bergmassen sind sehr hoch. Die Basis der San Miguelberge befindet sich in etwa 2400 M.; der höchste Gipfel, allerdings kein Laccolith, M. Wilson, erhebt sich auf dieser Basis bis zur Seehöhe von 4352 M. Der Gipfel der Spanish Peaks ragt aus dem weit niedrigeren Vorlande der Rocky Mountains zu 4152 M. empor.

Die Einschaltung der Eruptivmassen in das geschichtete Gebirge zeigt sich nun unter mannigfaltigen Abänderungen. Holmes hat eine lehrreiche Zeichnung der Abhänge des Hesperus Mount. in der Sierra la Plata (südwestliches Colorado) gegeben, welche deutlich die Einschaltung der Kante eines Laccolithen zwischen die cretacischen Schiefer mit ebener Grundfläche und gewölbtem Rücken zeigt, wobei jedoch über dem gewölbten Rücken in den gleichförmig gewölbten cretacischen Schichten zahlreiche kleinere Einschaltungen von Trachyt sich wiederholen.[8] Höchst anschaulich hat derselbe Beobachter geschildert, wie in der Sierra el Late (südwestlich von Sierra la Plata) die in den cretacischen Schiefer gedrungenen geschmolzenen Massen überfüllt sind mit Bruchstücken dieses Schiefers, dass aber alle Fragmente tieferer Sedimente fehlen, zum Anzeichen, dass die Kluft in der Tiefe scharf

abgegrenzt sei. Es ist hier keine volle Ueberwölbung sichtbar, und der tiefere Horizont der Schiefer ist dem Eruptivgesteine so innig beigemengt, dass er gleichsam von demselben aufgezehrt wird.

Noch weiter gegen Südwest, in der Sierra Carriso, sind die höheren Theile der Kreideformation gänzlich entfernt, und sieht man die Trachytmassen eingeschaltet in Schichten von der unteren Kreide bis zur Trias hinab.[9]

Die Spanish Peaks, weit im Osten, sind durch die radialen Gänge auf ihrer Oberfläche besonders ausgezeichnet. Sie wurden von Endlich beschrieben. Es sind zwei Spitzen, deren beträchtliche Höhe und deren Lage nahe vor dem östlichen Fusse der Rocky Mountains, oder vielmehr der Sangue de Cristo-Kette, bereits erwähnt worden ist. Der östliche Berg besteht aus Eruptivgestein, der westliche vorherrschend aus sedimentären Schichten, namentlich aus Sandstein und Schiefer von carbonischem Alter. Diese Schichten sind nach ihren Fugen auseinandergetrieben, grosse eruptive Keile sind eingedrungen, das oberhalb liegende Gewölbe wurde gesprengt, und hier bildete sich ein Netz von Gängen, welches bis in die cretacischen Schichten hinaufreicht und welches vielleicht bei seiner Bildung nicht in allen Theilen die Oberfläche erreichte, während auf anderen Gängen ein Ausquellen zu Tage stattgefunden zu haben scheint.[10]

Das ausführlichste Bild besitzen wir von der Reihe der Henry Mountains in Gilbert's monographischer Beschreibung derselben. Es sind dies fünf Bergmassen, welche sich in beiläufig gleicher Entfernung von der grossen Waterpocket-Flexur auf dem hier 1500 M. hohen Plateau in ihren höchsten Gipfeln bis zu 3429 M. (M. Ellen) und 3398 M. (M. Pennell) erheben. Die Waterpocket-Flexur ist mit einer Senkung des Ostflügels bis zu dem Betrage von 7000 Fuss (2134 M.) verbunden, und die Henry Mountains stehen auf dem flach lagernden gesenkten Theile.

Die Laccolithen liegen in Gruppen über und neben einander und bilden den Kern dieser Berge. M. Ellen zählt vielleicht dreissig derselben, M. Holmes deren zwei, M. Ellsworth einen, M. Pennell und M. Hillers je einen grossen und mehrere kleine. Sie reichen nach der Höhe des Lagers vom Carbon bis zur Kreide, aber die Zeit ihrer Bildung ist durchwegs postcretacisch. In Ells-

worth und Holmes sind vollständige Ueberwölbungen durch sedimentäre Schichten vorhanden. Hillers' Laccolith ist der grösste; er ist zur Hälfte entblösst; seine Höhe wird über 2000 M., seine Basis auf 6·4 und 5·6 Km. geschätzt. Von diesem gibt es Uebergänge bis zu den kleinsten eingeschalteten Lagergängen. Wo immer die vulcanischen mit den sedimentären Felsarten in Berührung treten, sind die letzteren verändert. Die Laccolithen liegen hier ohne Ausnahme in den minder widerstandsfähigen Schieferhorizonten, nie in den sie trennenden festeren Sandsteinbänken. Eine schematische Darstellung zeigt den grossen Laccolithen von M. Hillers mit seinen kleinen Begleitern, von welchen der tiefste

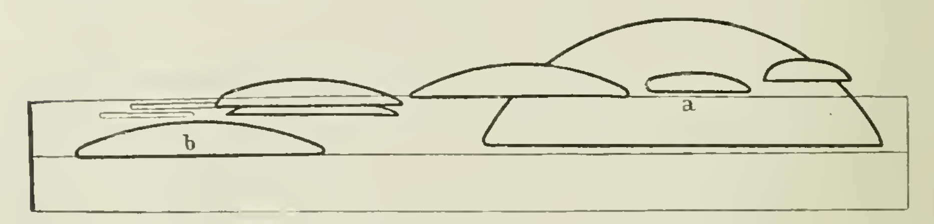


Fig. 18. Die M. Hillers-Gruppe von Laccolithen (nach Gilbert).
a Hillers' Laccolith, und b Pulpit Lacc, umgeben von kleineren Intrusivmassen.
Die unterste Horizontallinie ist die Meeresfläche, die zweite die obere Grenze des Carbon, die höchste die obere Grenze der Juraformation.

auf der Oberfläche der Steinkohlenformation, der höchste aber etwa 300 M. über der Basis der Kreideformation ruht.

Wir sind gewohnt, vulcanische Eruptionen an Senkungen auftreten zu sehen. So ist es auch in dem weiten Gebiete der Basin Ranges, westlich vom Colorado-Plateau, welches hier noch nicht zu besprechen Gelegenheit war, und auf welchem gefaltetes Gebirge auf langen Brüchen in fast meridian verlaufenden Streifen niedersinkt. ‚Einzelne Ketten,' berichtet Clar. King, ‚wurden in drei bis vier Blöcke zertheilt, welche Tausende von Fussen unter die anderen hinabsanken. Die grössten rhyolithischen Ausbrüche begleiten diese Stellen der Versenkung. Wo ein grosser Gebirgsblock abgelöst wurde von seiner Umgebung und in die Tiefe sank, dort sind die Rhyolithe über denselben hingeflossen und haben sich grosse Anhäufungen von Auswürflingen aufgebaut. . . . Es gibt einige wenige Fälle, in welchen Gebirgszüge gespalten wurden und durch Gänge ein begrenzter Ausfluss stattfand über hohe Gipfel; aber die allgemeine Regel war, dass

die grossen Ejectionen in den gesenkten Gebieten eintraten. Solche rhyolithische Ejectionen haben Berggruppen aufgebaut, 3000—6000 Fuss mächtig, in Blöcken von 70—80 Miles (113 bis 129 Km.) Länge.'[11]

Aehnlich ist auch die Regel bei den grossen Ausbrüchen, welche die Hauptsprünge des Colorado-Plateaus begleiten, und es ist nicht thunlich, den Vorgang bei der Eruption der gewaltigen, aus Sprüngen hervorgetretenen Decken zu trennen von dem Vorgange des Eindringens der Laccolithen, welches an vereinzelten Stellen, ausserhalb dieser Hauptsprünge, sich vollzogen hat. Es hat Dutton diesen Umstand ganz richtig erkannt. Ich stimme unter dem Eindrucke jener Vorgänge am Vesuv, welche durch so lange Zeit vorbereitend den Ausbrüchen vom 1. und 17. April 1871 vorhergegangen sind, gerne der Ansicht bei, dass man geneigt ist, die Kraft zu überschätzen, welche dem Wasserdampfe in der Lava zugeschrieben wird. Das Heraustreten derselben auf viele Meilen langen Spalten erfolgt höchst wahrscheinlich nach den einfachen Gesetzen der Hydrostatik, wobei das Hinabsinken des Gebirgsblockes selbst eine wesentliche Rolle bei dem Emporquellen der geschmolzenen Unterlage spielen muss. Es bleibt die Frage, ob der Druck, welcher durch sinkende Gebirgsmassen auf solche Lavamassen ausgeübt wird, welche nicht zum Durchbruche gelangen, jene Intrusionen hervorzubringen vermag, welche eben besprochen worden sind.[12]

Wir wollen nun zu den euganäischen Bergen bei Padua zurückkehren.

Die Unterschiede von den amerikanischen Vorkommnissen liegen zuerst in den ausserordentlich viel kleineren Dimensionen der euganäischen Intrusivmassen, ferner in dem Mangel von minder festen Schichten in dem gänzlich aus geschichtetem Kalkstein aufgebauten Sockel, endlich darin, dass die Radialgänge des Scheitels auf dem Venda nicht wie etwa auf den mächtigen Spanish Peaks aus der Sprengung der sedimentären Kuppel hervorgegangen sind, sondern aus einander folgenden Eruptionen innerhalb eines Aschenkegels. Im Wesen aber sind die Vorgänge, welche zur seitlichen Intrusion geführt haben, offenbar ganz ähnliche gewesen, und mag man daher allerdings in den Euganäen von Laccolithen

im Tithon, im Biancone und in der Scaglia sprechen, wenn sie auch hier sich nicht allzusehr von dem alten Begriffe der Lagergänge entfernen. —

An die Vorstellungen von Auftreibung der sedimentären Decke durch vulcanische Intrusion knüpft sich leicht eine Gedankenreihe, welche der alten Anschauung von einer gewissen erhebenden Thätigkeit der Laven und von der Bildung der sogenannten Erhebungskratere parallel zu laufen scheint.

‚Man kann,‘ sagt L. v. Buch, ‚die ganze Gruppe der Canarischen Inseln nicht anders betrachten, als eine Sammlung von Inseln, welche nach und nach und einzeln aus dem Grunde der See erhoben worden sind. Die Kraft, welche eine so bedeutende Wirkung hervorzubringen vermag, muss sich lange im Innern sammeln und verstärken, ehe sie den Widerstand der daraufdrückenden Masse überwältigen kann. Daher reisst sie auf dem Grunde des Meeres, wohl auch tiefer im Innern, zwischen anderen, gebildeten basaltischen und Conglomeratschichten bis über die Oberfläche empor und entweicht hier durch den gewaltigen Erhebungskrater. Eine so grosse erhobene Masse fällt aber wieder zurück und verschliesst bald die nur für solche Kraftäusserung gebildete Oeffnung. Es entsteht kein Vulcan. — Der Pic aber steigt aus der Mitte eines solchen Erhebungskraters als ein hoher Dom von Trachyt herauf. Nun ist die fortdauernde Verbindung des Innern mit der Atmosphäre eröffnet. . . .‘ [13]

L. v. Buch unterscheidet also: Auftreibung des Bodens, Einsturz und Verschluss, dann Eruption in der Mitte des Einsturzes. Die Vorstellung erwuchs aus der Grossartigkeit der Sommakränze; nur in der ersten dieser drei Phasen wird der vulcanischen Masse eine örtlich umgrenzte, activ erhebende Kraft zugeschrieben.

In diesem beschränkten Sinne, ohne Beziehung auf die als bereits bestehend gedachten grossen Züge der Gestaltung der Ketten und Brüche und nur so weit örtliche Erhebung und nachfolgender Einsturz in Betracht kommen, ist diese ältere Anschauung wieder hervorgetreten in jener bewunderungswürdigen Darstellung des armenischen Hochlandes, mit welcher H. Abich in neuester Zeit unsere Wissenschaft bereichert hat. [14]

Zwei Bergmassen sind es, auf welche Abich hiebei sich beruft: der Palandokän südlich von Erzerum und der Dary-dagh bei Djoulfa.

Das Gebirge südlich von Erzerum ist aus cretacischem Kalkstein, aus Gabbro und Serpentin gebildet, über welche weithin tertiäre Eruptivgesteine ausgebreitet sind. Aus diesen besteht auch der mächtige Palandokän (2947 M.), und unter seinem Gipfel gegen West öffnet sich ein grosser Krater. Seine längere Axe misst 9—10 Km. Im Innern dieses gewaltigen Kraters aber und umgeben von den vulcanischen Massen seiner steil abfallenden Ränder trifft man klippenförmige, in Marmor umgewandelte Massen von Kalkstein und Alabaster, in Verbindung mit Serpentin, grünlichem chloritischem Schiefer und kieselreichen Gesteinen der Gabbrogruppe, also die Felsarten des Grundgebirges. Sie bilden wesentliche Bestandtheile des Kraterbaues und sind ‚durch die vulcanischen Massen überwältigt, die das Grundgebirge anscheinend gehoben, auseinandergedrängt und nach Süden wie nach Norden hinausgeschoben haben'.[15]

Hievon wesentlich verschieden ist das zweite Beispiel.

Im Thalgebiete des Araxes, südlich von Nachitschevan, liegt über dem dislocirten paläozoischen Gebirge eine Serie, welche mit eocänem Nummulitenkalk beginnt und deren jüngstes Glied die salzführenden Ablagerungen der Miocänzeit sind. Rothe Conglomerate, fast ausschliesslich aus Trachyt gebildet, sind dieser tertiären Serie eingeschaltet und gelten als Anhaltspunkt zur Feststellung des Alters der nahen Trachytberge. Drei Trachytberge von pfeilerförmiger Gestalt und etwa von Nordnordwest gegen Südsüdost aneinandergereiht, erheben sich östlich von Nachitschevan über das tertiäre Land: Nagajir, Asabkew-dagh und Ingatasch; sie stehen auf einer gemeinsamen Längenanschwellung des Bodens. Ihnen folgen gegen Ost und Südost noch zwei ähnliche Berge, Ylanly- und Alanja-dagh. In der Fortsetzung der ersten Serie gegen Südsüdost und als sichtbare Fortsetzung derselben ragt östlich von Djoulfa der Dary-dagh (1943 M.) hervor. Seine Zusammensetzung ist jedoch gänzlich verschieden von jener der Trachytpfeiler, als deren Fortsetzung er erscheint. Er besteht gänzlich aus den Schichten der transgredirenden Serie, nämlich

aus Nummulitenkalk und den trachytischen Trümmergesteinen; diese sind zu einem mächtigen Gewölbe aufgebogen, das von einem nordsüdlich verlaufenden Bruche durchschnitten ist, mit Absenkung des westlichen Theiles. Auf der Bruchlinie wird nicht eruptives Gestein sichtbar, sondern Thonmergel mit Gyps und mit Arsenverbindungen.[16]

Da die trachytischen Trümmerschichten ebenfalls theilnehmen an der Wölbung des Dary-dagh, dieser also jünger sein muss als alle oder wenigstens ein Theil der trachytischen Eruptionen, werden wir hier zu der Vermuthung wiederholter Dislocationen auf derselben Linie geführt, nämlich älterer Brüche, auf welchen Nagajir und seine Genossen hervortraten, auf deren Kosten die trachytischen Conglomerate und Breccien des Dary-dagh gebildet wurden, dann der Wölbung dieser Trümmergesteine selbst, dem Einsturze der Wölbung und endlich den Arsen-Emanationen.

Palandokän zeigt also Ueberwältigung, Durchdringung und weitgehende Contactveränderung der Sedimente, wie wir sie bald in der eruptiven Spalte des Banates wieder finden werden; Dary-dagh ist verschieden, deutet auf wiederholte Bewegungen des Gebirges vor und nach den Eruptionen, ohne dass, wie mir wenigstens scheint, eine active Gebirgsauftreibung durch Laven nothwendiger Weise angenommen werden müsste.

Nach dieser Abschweifung setzen wir die Betrachtung der Intrusionen fort und kommen nun zu jenen, welche von basischen Felsarten veranlasst werden.

Obwohl man aus Amerika basische Vorkommnisse noch nicht beschrieben hat, kennt man doch solche aus Europa. In Kohlenwerken sieht man basaltische Eindringlinge nicht selten. Im Allgemeinen nehmen aber basische Intrusionen nicht die Gestalt mächtiger Brode oder Linsen an, wie die trachytischen Laccolithen, sondern sie breiten sich bei viel geringerer Mächtigkeit über weit grössere Flächen aus, so dass man sie oft schon für gleichzeitige Bildungen gehalten und ihre spätere Einschaltung verkannt hat. Die basischen Intrusionen verhalten sich also ihrer Gestalt nach zu den trachytischen ähnlich wie die zu Tage sich bewegenden Laven, und es mag dieser Umstand wohl in der allge-

mein beobachteten grösseren Beweglichkeit der basischen Massen begründet sein.

Hier mag es genügen, ein einziges, allerdings ein grosses und merkwürdiges Beispiel zu nennen. Es ist dies die ausgedehnte Basaltlage, welche dem unteren Theile der Carbonformation in Northumberland eingeschaltet und als der Whin Sill bekannt ist. Durch lange Zeit schwankten die Meinungen darüber, ob der Whin Sill als ein dem Kohlenkalke gleichzeitiger deckenförmiger Erguss, oder ob er als ein Lagergang von ausserordentlichen Dimensionen anzusehen sei, bis die genaueren Aufnahmen der Grafschaft durch Topley und Lebour die Richtigkeit der letzteren Ansicht nachwiesen.

Der Whin Sill ist mit untergeordneten Unterbrechungen auf eine Erstreckung von 120—130 Km. bekannt. Er erreicht eine Mächtigkeit von 23 M. und darüber und keilt gegen Westen aus. Die Einschaltung erfolgt auf grosse Strecken zwischen die Schichtfugen des Kohlenkalkes und der begleitenden Lagen von Sandstein und Schiefer; es erscheinen Veränderungen am Contact nicht nur nach unten, sondern auch nach oben, und werden wohl auch kleinere Gänge gegen oben abgegeben. Es hält sich aber der Whin Sill nicht, wie man einstens glaubte, an dieselbe Schichtfuge; er steigt in den mächtigen Ablagerungen der Carbonzeit nach oben und sinkt wieder tiefer, so dass die äussersten verticalen Schwankungen, welche er erfährt, nicht weniger als etwa 520 M. betragen.[17]

Die ausserordentliche Verbreitung des Whin Sill scheint mir aber die Frage anzuregen, ob auf so grosse Entfernung vom Eruptionsherde hin wirklich an eine auftreibende, Tausende von Fussen erhebende Kraft gedacht werden darf, deren Träger eine Lavamasse von doch nicht gar bedeutender Mächtigkeit wäre. Es dürfte auch hier die Annahme näher liegen, dass das heutige Auftreten des Whin Sill den Verlauf eines schrägen Sprunges bezeichne, welcher auf grosse Strecken den Schichtfugen gefolgt, wiederholt jedoch in andere Horizonte übergesprungen ist, und welcher von dem einströmenden Basalt erfüllt wurde. Sprünge dieser Art mögen gar leicht, namentlich durch Schleppung an Brüchen, entstehen. Ob dann auf diese die Bezeichnung ‚Intrusion‘

mit vollem Rechte angewendet werden darf, mag vorläufig unbesprochen bleiben; ich würde die Bezeichnung ‚Injection‘ vorziehen. —

Alle diese Intrusionen oder Injectionen gehen in irgend einer Weise seitlich vom Schlote ab; zu diesem gelangen wir jetzt.

Es ist kein Vulcan bekannt, welcher so tief erodirt wäre, dass sein Schlot sichtbar, und welcher noch von strahlenförmig gestellten Eruptivgängen gekrönt wäre, wie der M. Venda. Allerdings gibt es aber Fälle, in welchen, nach Zerstörung des Aschenkegels und seiner Gänge, und nach Blosslegung des Schlotes, der Zusammenhang mit den umgebenden Lavaströmen dennoch kennbar geblieben ist. Diese müssen den Ausgangspunkt bilden.

Auf den inneren Hebriden breiten sich, insbesondere auf Skye und Mull, grosse basaltische Ströme aus; die Basalte im nordöstlichen Irland sind wahrscheinlich als ihre Fortsetzung anzusehen. Unter diesen Strömen sind die Reste mesozoischer Ablagerungen erhalten worden, welche ohne den Schutz dieser Decken von dem paläozoischen Untergrunde hinweggefegt worden wären. Die nahe Westküste von Schottland besteht fast ausschliesslich aus dem entblössten alten Gebirge.

Judd hat gezeigt, dass aus diesen vulcanischen Ergüssen vier granitische Massen auf einer beiläufig von Süd gegen Nord laufenden Linie sich erheben, welche die Kerne von ebenso vielen grossen Feuerbergen darstellen. (Sie sind: der Vulcan der Insel Mull, jener der Halbinsel Ardnamurchan, dann jener der Insel Rum und der Insel Skye.) Die Entfernung der Mitte der nördlichsten dieser vier Ausbruchsstellen von der Mitte der südlichsten, also die Länge des hier erkennbaren Theiles einer grossen vulcanischen Linie, beträgt beiläufig [illegible] Km. Diese Linie setzt sich aber vermuthlich nach Nord und nach Süd noch weiter fort. Jeder dieser granitischen Kerne ist in Verbindung mit später heraufgedrungenen basischen Felsarten, namentlich Gabbrogesteinen; die Masse von Mull ist vielfach von denselben durchzweigt; an der nördlichen Masse steht der basische Stock neben dem Granit und gibt Gänge in denselben ab. In der Nähe dieser Eruptionspunkte sind die sedimentären Felsarten sehr verändert und die basaltischen Gänge ausserordentlich gehäuft. Die Bildung der granitischen Massen scheint

eine Zeit der Ruhe und Denudation gefolgt zu sein, bevor die basischen Ausbrüche eintraten. Diese ereigneten sich auf trockenem Lande; überwältigte Wälder und Lagen mit miocänen Pflanzen an ihrer Basis geben hievon Zeugniss. Die grössten Aschenkegel, jene von Mull und Skye, dürften über 4000 M. Höhe erreicht haben.[18]

Diese granitischen Massen geben auch wirkliche Laccolithen in die mesozoischen Schichten ab.

Schon im Jahre 1871, bevor Judd die Bedeutung der granitischen Kerne dargelegt hatte, erkannte hier Geikie ‚amorphe‘ intrusive Massen, aus Syenit, Felsit oder Quarzporphyr bestehend, welche, durch unregelmässige Brüche gedrängt, keine parallelen Grenzflächen bilden. Solche Massen werden erwähnt auf der Insel Raasay, welche nördlich vom Vulcane von Skye liegt, auf Skye selbst und auf Eigg, dann zwischen den Vulcanen von Rum und von Ardnamurchan. Insbesondere werden auf Eigg drei solche Felsitmassen beschrieben, welche aus den umgebenden Basalten aufragen. Die grösste, 50—70 M. hoch, bildet das nördliche Ende



Fig. 19. Die Vulcane der inneren Hebriden nach Judd.

1. Vulcanische Tuffe und Agglomerate.
2. Jüngste eruptive Felsarten, hauptsächlich östliche Ausbruchstelle auf Ardnamurchan.
3. Basische Laven.
4. Basische Ausbrüche.
5. Saure Laven.
6. Saure Ausbrüche.
7. Mesozoische und carbonische Schichten.
8. Alte Felsarten.

der Insel und ‚scheint annähernd längs der Schichtfläche der oolithischen Schichten aufgestiegen zu sein und auf diese Art selbst eine grosse rohe Lage zu bilden‘.[19]

Judd hat die Einschaltung dieser Massen in die mesozoische Serie bestätigt und schon im Jahre 1874 gezeigt, dass hier die sauren Felsarten dicke, linsenförmige Intrusivmassen bilden, welche auf mässige Entfernungen vom Eruptivstocke beschränkt sind, während basaltische Laven den Schichtfugen auf grosse Strecken zu folgen vermögen. Die ersteren bestehen nach diesen Angaben aus verschiedenen Abarten von Felsit, mehr oder minder quarzführend, häufig von porphyritischer Structur und durch eingestreute Hornblendekrystalle übergehend in Syenit-Granit. Die basischen Intrusionen sind fast immer doleritisch, mit viel Olivin und Uebergängen einerseits in feinkörnigen Gabbro, anderseits in Basalt.

Es ist gesagt worden, dass die basischen Laven dieser Vulcane auf tertiären blattführenden Schichten liegen; in gleicher Weise sieht man auf den Faröer-Inseln Braunkohle-führende Ablagerungen eingeschaltet zwischen basaltische Laven, und die entsprechenden Vorkommnisse auf Island sind allgemein bekannt. Es geben diese Bildungen Zeugniss von einem ausgedehnten Festlande, welches in der späteren Hälfte der Tertiärzeit von Schottland weit nach Norden sich ausdehnte.[20] —

Bei Predazzo in Südtirol ist durch das von Nord gegen Süd verlaufende Thal des Avisio und durch das von Osten einmündende Val Travignolo der Schlot eines Vulcanes der Triaszeit erschlossen. Es ist eine wunderbare Stelle. Seit im Jahre 1823 Marzari-Pencati die erste Schilderung derselben lieferte, ist sie bis zu dem heutigen Tage der Schauplatz stets erneuter Forschungen gewesen, und die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist noch lange nicht geklärt.[21]

Hier können nur wenige Hauptzüge der Structur angeführt werden. Für die folgenden Erörterungen knüpft sich in Predazzo das Interesse hauptsächlich an den Umstand, dass mitten in den Alpen das Alter eines eruptiven Stockes von Granit und Syenit mit Bestimmtheit ermittelt werden kann.

Avisio und Val Travignolo treffen sich ganz nahe bei dem Städtchen Predazzo. Den Hauptrücken westlich vom Avisio bildet

der Dosso Capella mit dem gegen Predazzo gewendeten Abhange ai Canzocoli; südlich vom Val Travignolo erhebt sich die Malgola, nördlich der Mulat. Fig. 20 ist von Osten her aus Val Travignolo gezeichnet; links steht die Malgola, rechts der Mulat, ai Canzocoli und der Dosso Capella in der Mitte. Es sind nur drei Haupttypen von eruptivem Gestein auf dieser kleinen Skizze unterschieden, nämlich Granit, Syenit (Monzonit) und Melaphyr. Die zahlreichen Gänge und untergeordneten Abänderungen darzustellen, fällt nicht in den Kreis meiner Aufgabe. Es ist links der Mulat bis zu seiner Spitze aus den Ablagerungen der unteren Trias gebildet; sein Abhang gegen Predazzo dagegen besteht



Fig. 20. Predazzo (Südtirol).

Blick von der Boscampobrücke im Travignolthale gegen die Mitte der alten Ausbruchsstelle. Links: Malgola, Syenit und Triaskalk (weiss); rechts: Mulatto, Syenit, Granit (fein punktirt) und dunkle Augitgesteine; in der Mitte: Dosso Capella, Contact von Triaskalk und Syenit an den Canzocoli; über dem Syenit Melaphyr; im Hintergrunde: Melaphyrdecke auf Triaskalk.

aus eruptivem Syenit; die Linie des Contactes, der Marmorisirung der Triaskalke u. s. w., also die äussere Grenze des Eruptivstockes geht quer über den Berg. Der Syenit umschliesst an diesem Abhange eine grössere und viele kleinere Schollen von marmorisirtem Triaskalk und zahlreiche, steil aufsteigende Gänge von fleischrothem Orthoklas-Porphyr, welche den Eindruck zurücklassen, als gingen sie von dem Granitstocke aus, welchem wir sofort auf der anderen Thalseite begegnen werden.

Ebenso scharf und deutlich lässt der in der Mitte der Skizze, im Hintergrunde jenseits Predazzo, sichtbare Dosso Capella die Umgrenzung des Eruptivstockes erkennen. Dieselbe zieht über

den Berg schräg nach aufwärts. In dem unteren Theile des Abhanges ist es eruptiver Syenit, welcher an den Kalkstein tritt, und hier befindet sich an der Stelle ai Canzocoli der seit vielen Jahren berühmte Hauptfundort der Silicate der Contactzone; höher oben grenzt der Kalkstein an Melaphyr. Hinter Dosso Capella sieht man rechts auf den Höhen Melaphyr auf Kalkstein; dies ist schon ein Theil der von dem Vulcan ausgegangenen Lavaströme. In der Tiefe des Avisiothales kommt unter dem Syenit ein Granitstock hervor; er ist aber hier durch den Fuss des Mulatto verdeckt.

Rechts auf der Höhe des Mulatto stehen in auffallenden, nicht allzuhohen, dunklen Wänden augitische Gesteine an, welche sich in einem langen Gange gerade an dem vorspringenden Rücken des Mulatto bis zur Tiefe des Thales gegen Predazzo fortsetzen und alle tieferen Felsarten durchschneiden. Diese letzteren sind turmalinführender Granit und Syenit; sie setzen sich auf der andern Seite des Berges gegen den Fuss des Dosso Capella und der Sforzella fort. Der ganze Mulatto ist vulcanischen Ursprunges; die Grenze gegen den Triaskalkstein liegt nahe rechts ausserhalb der Skizze, in einer Thalfurche gegen M. Viezzena.

Die Vertheilung der Felsarten, die Silicate an den Contactstellen, die zahlreichen Gänge und die Einschaltungen der Melaphyrlaven und der Tuffe in die Triasbildungen lassen keinen Zweifel über den eruptiven Ursprung, den genetischen Zusammenhang und das Alter dieser merkwürdigen Vorkommnisse. Sie wiederholen sich unmittelbar im Nordosten am M. Monzoni, mit prachtvoller Entwicklung seitlicher Gänge, doch ohne dass Granit sichtbar würde. Der Bestand von Laccolithen wurde in diesem Gebiete noch nicht erwiesen.

Nachdem, wie das Beispiel der Finsteraarhorn-Masse lehrt, die Umwandlung petrefactenführender, geschichteter Kalkablagerungen in weissen Marmor an der Grenze von Granitmassen durch Druck erfolgen mag, liegt in dem Erscheinen der krystallisirten Silicate in der Contactzone das entscheidendste Merkmal der eruptiven und vulcanischen Natur der Syenitmasse von Predazzo. Dasselbe Merkmal kommt aber auch einem Theile des Saumes der gewaltigen Masse des Adamello zu.

Der Stock des Adamello erhebt sich zwischen Val Camonica und dem Judicarienthale auf der Grenze der Lombardei und des südwestlichen Tirol. Die Haupterstreckung ist gegen Nordnordost gerichtet und folgt nahe der östlich liegenden grossen Bruchlinie der Judicarien. Die bemerkenswertheste Felsart dieses Gebirgsstockes ist leicht kennbar durch zahlreiche kurze und dicke Säulen von dunkler Hornblende und dunkle Glimmerblätter in weisser Grundmasse. G. v. Rath hat diese Felsart Tonalit genannt; Zirkel betrachtet sie als dem quarzführenden Diorit zunächst stehend.[22]

Wo in seinem südöstlichen Theile der Tonalitstock des Adamello mit Triaskalkstein in Berührung kommt, erscheinen die Contacterscheinungen von Predazzo wieder. Die Skizzen, welche Lepsius aus Val Bona und Val Bondol veröffentlicht hat, lassen keinen Zweifel über die Uebereinstimmung des Wesens der Vorkommnisse in beiden Gebieten. So sieht man z. B. an dem Südabhange der aus Tonalit bestehenden Cima Bruffione in Val Bondol diesen mit steiler Grenze in Contact treten mit triadischen Knollenkalken, welche steil gegen den Tonalit geneigt, in Marmor umgewandelt und mit Contactsilicaten imprägnirt sind.[23]

Wir werden bei der Besprechung der Südalpen diesen bemerkenswerthen Umstand wieder zu berühren haben.

Die Vulcanenreihe der Hebriden lässt zugleich die Lage der Schlote und Reste der ergossenen Laven erkennen; ihre Thätigkeit erstreckt sich in die miocäne oder eine noch spätere Zeit. Die Vulcane von Predazzo und dem Monzoni lassen ebenfalls ihre Schlote erkennen, und obwohl ihr Alter unvergleichlich viel höher ist als jenes der Hebriden-Vulcane, sieht man dennoch auch hier die zugehörigen, der Triasformation eingeschalteten Laven und Tuffe.

In einem ähnlichen Grade der Entblössung befindet sich die von Peters und Posepny geschilderte Ausbruchsstelle von Rézbánya im südöstlichen Ungarn, in welcher wir nun zum ersten Male in der hier angeführten Reihe von Beispielen Erzlagerstätten in unmittelbarer Verbindung mit dem Eruptivstocke in der Aura des vulcanischen Contactes antreffen. Felsarten, welche Peters als Syenit und Syenitporphyr bezeichnet, verändern ihre Umgebung

und lassen an dem Neocomkalkstein das für den vulcanischen Contact bezeichnende Gemenge von Wollastonit, Granat und blauem Kalkspath erscheinen.

Die langen und dünnen Gänge von Eruptivgestein, welche in die Spalten des Gebirges eindringen und spitze Keile desselben umschliessen, sind für Posepny ein erneuter Beweis, dass diese Eruptivmassen nicht treibende, sondern getriebene Massen seien. Die Senkung eines benachbarten Gebietes sei Veranlassung zu solchen Eruptionen, die Eruptivmasse selbst aber sei durch den Druck der sinkenden Masse in die Gänge eingepresst.[24]

Südlich von dem aus Siebenbürgen hervortretenden Temesflusse zieht sich durch das Banat ein Gebirgszug zur Donau herab, dessen höchster Gipfel, Muntje Semenik, 1450 M. erreicht und dessen mittlere Höhe etwa 800 M. betragen mag. Das Streichen seiner Structur ist von Nordost oder Nordnordost gegen Südsüdwest gerichtet, und mit dieser Richtung setzt sich das Gebirge südwärts über die Donau nach Serbien fort. Indem der grosse Strom in gewundenem Laufe dieses Gebirge und seine östlichen Parallelzüge durchquert, entsteht von Moldowa abwärts bis zum Eisernen Thore eine Reihe grosser Stromschnellen. Uns soll hier nur der westliche Theil des Gebirges und namentlich der gegen Westen blickende Rand desselben beschäftigen.

Dieses Gebirge besteht aus langen Falten von Glimmerschiefer mit etwas Gneiss, dann flötzführenden Carbonschichten, rothem permischen Sandstein, aus Jura und Kreidekalkstein. Ein sehr grosser, von Nord nach Süd laufender Bruch durchschneidet das Gebirge; er trifft die gegen Südwest und Südsüdwest streichenden Falten in spitzem Winkel und schneidet die mesozoischen Schichten gegen Westen ab, so dass jenseits, westlich von diesem Bruche, fast nur niedrigere Berge von Glimmerschiefer oder die offene Ebene zu sehen sind. So weit dieser Bruch auf der Nordseite der Donau im Banater Gebirge liegt, von Deutsch-Bokschan im Norden bis Moldowa an der Donau im Süden, ist derselbe mit einer Reihe von alten Ausbruchsstellen besetzt, wie die auf Fig. 21 dargestellte, 78 Km. lange Strecke zeigt. Aber der Bruch übersetzt südwärts die Donau und ist dort von ähnlichen Ausbruchsstellen begleitet.

Als die Hauptquelle für die Kenntniss des gefalteten Gebirges ist die im Jahre 1857 erschienene Beschreibung des wichtigsten Theiles desselben von Joh. Kudernatsch zu bezeichnen, in welcher so manche Anschauung über Bau und Entstehung der Gebirge ausgedrückt wurde, die erst viel später zur Geltung gekommen ist. Für das in Fig. 21 dargestellte Stück des westlichen Bruches nenne ich vor Allen die im Jahre 1860 von der österreichischen Staatseisenbahn-Gesellschaft herausgegebene geologische Specialkarte desselben, welcher auch die von Cotta im Jahre 1865 veröffentlichte Karte entnommen ist.[25]

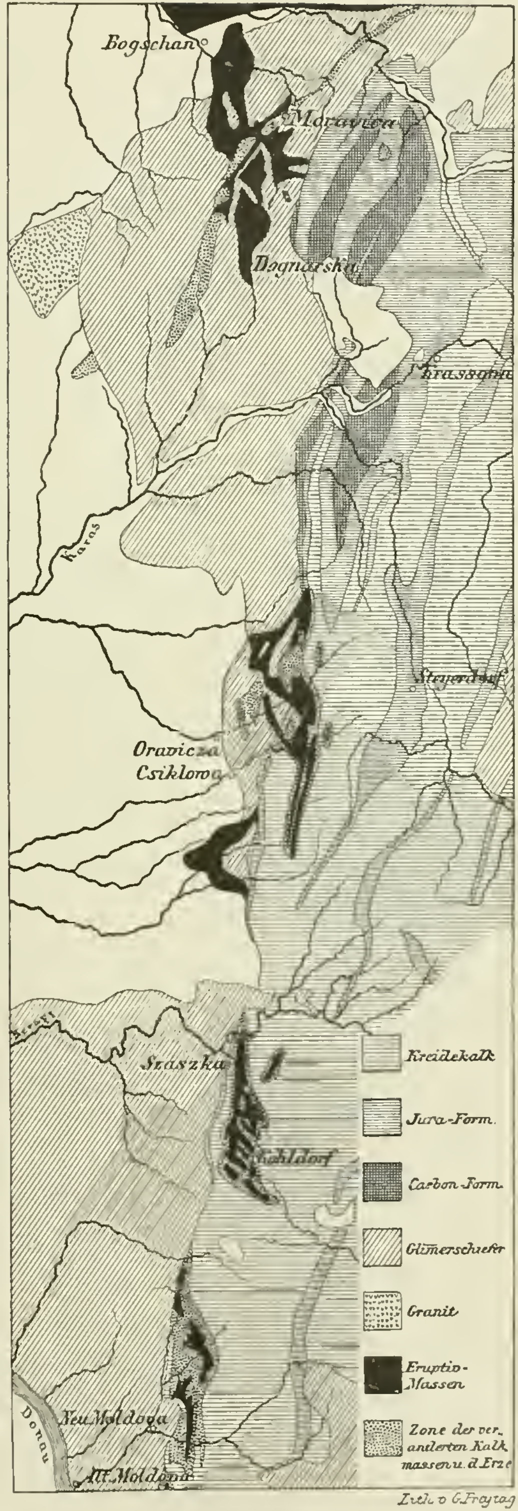


Fig. 21. Die vulcanische Linie des Banates (nach den Aufnahmen der k. k. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft).

Die wichtigsten auf dieser Strecke sichtbaren Vorkommnisse von Eruptivgestein sind von Süd gegen Nord: jene von Moldowa, von Kohldorf und Szászka, von Cziklowa und Orawitza, von Dognácska, endlich die grosse unregelmässige Masse nördlich von Bokschan. Mit Ausnahme der letzteren nimmt jedes dieser Vorkommnisse einen in

der Richtung des Bruches sehr verlängerten Raum ein, so zwar, dass von dem hier dargestellten 78 Km. langen Stücke desselben thatsächlich etwa auf 47 Km. das Eruptivgestein sichtbar ist und man keinen Grund hat zu bezweifeln, dass bei noch tieferer Abwaschung der Oberfläche anstatt dieser vereinzelten Vorkommnisse nur eine einzige zusammenhängende Zone desselben an dem Bruche sichtbar sein würde.

Diese eruptiven Felsarten wurden anfänglich als Syenit oder Granit bezeichnet; Cotta nannte sie mit einem neuen Namen Banatit; sie sind, wie die seitherigen Untersuchungen von Niedzwiezki,[26] Szabó[27] u. A. gezeigt haben, mannigfaltig in ihrer Zusammensetzung und werden als echte Syenite oder als quarzführende Diorite, als Amphiboldiorite, Andesite und Andesin-Quarztrachyte bezeichnet. Den weitaus verbreitetsten Typus unter denselben nennt G. v. Rath mit Niedzwiezki Quarzdiorit, und vergleicht ihn wie Cotta mit dem an so vielen Orten in Ungarn und Siebenbürgen erzführenden Propylit, ferner mit dem Tonalit des Adamello.[28] Bei Moldowa ist auch ein ansehnlicher Gang von Basalt vorhanden.

Wo immer die syenitische oder dioritische Felsart mit dem mesozoischen Kalkstein in Berührung kommt, ist dieser verändert; es erscheint Granat, Wollastonit, Vesuvian, Glimmer, blauer Kalkspath und eine ganze Reihe bezeichnender Mineralien des vulcanischen Contactes. In der Zone des Contactes liegen auch die zahlreichen Erzlagerstätten dieses Zuges; Magneteisenstein, Blei- und Kupfererze, Silber und Gold finden sich in demselben. Je nach ihrer Lage gegen den Kalkstein sind die einzelnen Eruptivstellen ganz oder nur theilweise von dem Contacthofe umgeben. Das Eruptivgebiet von Moravitza liegt im Glimmerschiefer, kreuzt aber einen Kalkzug und verändert und vererzt denselben.[29]

Cotta hat die Meinung geäussert, dass es auf dieser Spalte nicht zu wirklichen Ausbrüchen an der Oberfläche gekommen sei, aber der fast gänzliche Mangel an seitlichen Ergüssen kann hiefür kein voller Beweis sein. Die Abtragung von Gebirge, welche nothwendig war, um diese Form der Entblössung der Spalte zu erzeugen, ist eine so bedeutende gewesen, dass ihr die ausgeströmten Laven auf eine weite Umgebung unterliegen mussten.

Es sind hier cretacische Kalksteine verändert worden; wir werden daher dem Quarzdiorit dieser Spalte kein höheres als etwa tertiäres Alter trotz der ausserordentlichen Denudation zuschreiben können, und er ist vielleicht gleichzeitig mit dem Propylit der Karpathen, dessen Ausbrüche in die oligocäne oder in die frühere Hälfte der miocänen Zeit zu stellen sind.[30] —

Die etwa seit der Mitte der Tertiärzeit eingetretene Abwaschung scheint hingereicht zu haben, um auf einer 78 Km. langen Strecke in mehr als der Hälfte der Erstreckung die Spaltenausfüllung blosszulegen. Bei weiter vorgeschrittener Zerstörung würden wir eine einzige Zone von Quarzdiorit sehen. Leicht könnte aber diese Zerstörung so weit reichen, dass die benachbarten mesozoischen Kalksteine und mit ihnen die Contact- und Erzbildungen verschwinden, und von der ganzen heutigen mannigfaltigen Beschaffenheit des Gebirges bliebe dann nichts zurück als ein dioritischer oder syenitischer Zug, eingebettet in Glimmerschiefer und Gneiss, welchem so mancher Beobachter dann ohne Weiteres ein archaisches Alter zuzuweisen sich bereit finden möchte.

So gelangen wir von der Betrachtung der Aschenkegel der Gegenwart, die von der Denudation gebotenen Bilder aneinanderschliessend, allmälig zu den vielgestaltigen Producten abyssischer Vorgänge, welche auf den alten abgenagten Gebirgsmassen Böhmen's oder Norwegen's, wie auch da und dort in den jüngeren Faltungsbergen sichtbar werden. So wurde jener merkwürdige syenitische, in seinem südlichen Theile granitische Zug gebildet, welcher bei Brünn den Ostrand der böhmischen Masse begleitet und sie abtrennt von den Sudeten. Die nachfolgende Figur 24 lässt in rohem Umrisse ihre Lage erkennen und zeigt, dass durch sie zwei ganz verschieden gebaute Schollen der Erde geschieden werden.[31]

Solche entblösste Eruptivzüge werden hier als Narben bezeichnet werden.

Aber nicht nur Narben mögen durch Entblössung sichtbar werden, sondern auch alte Lavadecken, abyssische Gänge und Durchdringungen mancher Art, vielleicht auch Intrusivmassen oder wahre Laccolithen der grossen Tiefe.

Dies ist der Weg, auf welchem Judd dahin gelangt ist, nach der Untersuchung der Eruptivstöcke der Hebriden auch aus-

gedehnte Granitmassen, wie jene der Grafschaft Leinster, als blossgelegte ‚Reservoirs' zu bezeichnen.

Bevor wir uns der schwierigen Frage von der Entstehung solcher Granitmassen zuwenden, mögen noch einige Beispiele angeführt werden.

In Amerika zählt man zu den Laccolithen ausser den bereits angeführten trachytischen Broden auch die Massengesteine der Elk-Mountains, Colorado. Dieser Gebirgszug geht im Felsengebirge von der Westseite der grossen Sawatch-Kette mit nordwestlichem Streichen ab; mehrere Gipfel übersteigen die Höhe von 4200 M. Den Bau derselben hat Holmes geschildert.[32]

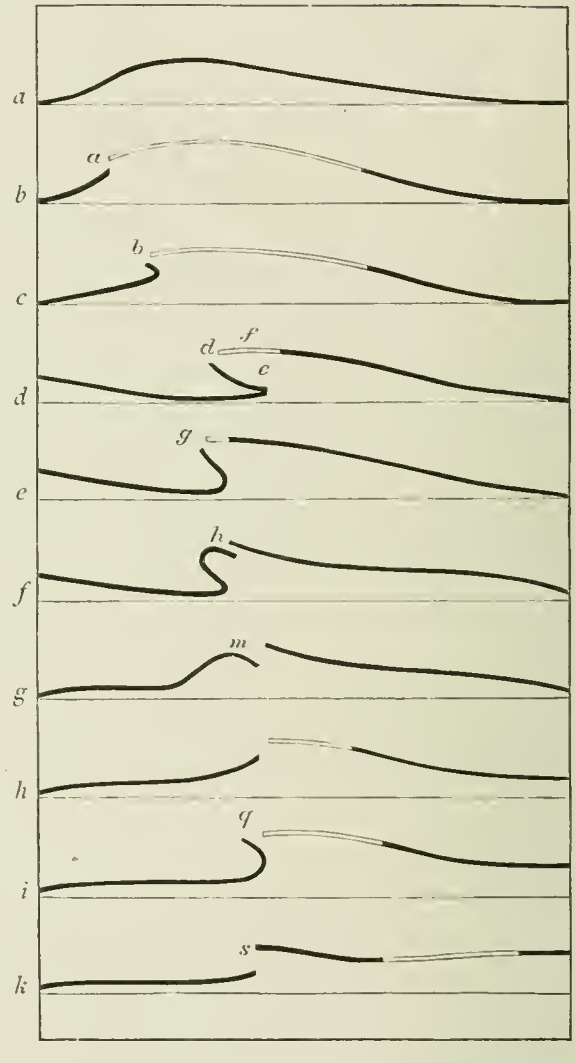


Fig. 22. Querschnitte zu Fig. 23.

Es ragen von Nordwest gegen Südost drei grössere Granitmassen auf, nämlich Sopris Peak, Snow Mass Group und White Rock Group, an welch' letztere sich noch ein kleiner Ausläufer gegen Südwest schliesst. Den Granit dieser Berge schildert Endlich als ein Gemenge von Orthoklas, Oligoklas, Quarz und Muscovit, mit etwas Biotit; die allgemeine Färbung ist weiss oder grau; einzelne Vorkommnisse von Porphyr und Diorit begleiten denselben.[33] Die sedimentäre Reihe, welche die Granitmassen umgibt, beginnt mit petrefactenlosem Quarzit, einige hundert Fuss mächtig, dem der

Kohlenkalk und eine weitere mächtige Serie folgt, welche bis in die oberen Theile der Kreideformation reicht. Der Kreideformation sind Intrusivmassen von Rhyolith und Trachyt eingeschaltet.

Fig. 23. Lagerung des tiefsten Theiles der Kreideformation um ‚Snow Mass‘ und ‚White Rock‘ in den Elk-Mountains (nach Holmes).

In tektonischer Beziehung sieht man, dass die beiden grösstenGranitstöcke, Snow Mass Group und White Rock Group, auf einer gemeinsamen Störungslinie stehen, welche als Bruchfalte (Faultfold) bezeichnet wird, und welche von einer deutlichen seitlichen Bewegung der Massen begleitet ist, die quer auf das Streichen von Nordost gegen Südwest gerichtet war. Diese seitliche Bewegung ist sogar so beträchtlich gewesen, dass an dem südwestlichen Rande des Granites Ueberschiebungen desselben eingetreten sind und zwischen beiden Massen eine Einklemmung von sedimentären Schichten entsteht.

Dieses grosse Maass seitlicher Bewegung und das Auftreten trachytischer Massen in der cretacischen Aussenzone scheinen den Anlass dazu gegeben zu haben, dass auch diese beiden grossen, in der Tiefe wohl sicher zusammenhängenden Granitstöcke als echte Laccolithen von postcretacischem Alter bezeichnet worden sind, und dass einzelne Forscher sogar geneigt waren, die

Intrusion des Granites mit der Bildung des Gebirges selbst in ursachliche Verbindung zu bringen.

Holmes drückt sich vorsichtig aus, es sei nicht schwer, sich vorzustellen, dass, während die seitliche Verschiebung und Faltung vor sich ging, die unterliegende plastische Masse diese Bewegung begleitete und die heutige Sachlage formte, und dass während dieses Vorganges sie sich selbst eindrängte oder eingedrängt wurde durch die Bruchlinie in den beiden grossen Massen der Snow Mass und White Peak Groups.[34]

In dieser Auffassung bleibt also die faltende Kraft als das erste und anregende Moment des Gebirgsbaues anerkannt, während andere Autoren die Elk-Mountains geradezu als durch das Eindringen eines postcretacischen Granites gehoben und gefaltet ansehen. Dieser Granit scheint aber durchwegs in demselben stratigraphischen Horizonte zu liegen, und er erinnert hiedurch wie durch seine Lagerung ganz und gar an die passiv überschobenen Massen der Cima d'Asta oder der Jungfrau.

Die von Holmes ausgesprochene Meinung schliesst sich aber ziemlich nahe an die von Lossen über den Granit des Harzgebirges aufgestellten Ansichten an. Lossen meint, ‚dass die einseitig (heteroklin) zusammengeschobene Falte bei gesteigertem Drucke in eine dem Streichen nach durchrissene Falte mit aufwärts geschobenem Hangenden und diese bei abermalig fortgesetzter Steigerung des Druckes in eine Zerspaltung mit aufgepressten Eruptivgesteinen übergehen könne'. In seinen neuesten Schriften nennt Lossen den Harz ‚ein als Gebirgsknoten nachgewiesenes windschiefes, elliptisches Massengebirge mit ausgepresstem Eruptivmagma in den dynamischen Brennpunkten'. Aus einzelnen Stellen ergibt sich sogar, dass Lossen sich den Granit als plastische Masse direct dem Einflusse der lateralen Bewegung ausgesetzt vorstellt, und von der treppenförmigen Anordnung der Falten wird gesagt: ‚Die Treppen sind die Wellenberge des granitischen Magma's, welche die Bewegungen des Faltungsprocesses der festen Rinde mitmachen.'[35]

Dieser Granit hat die Tanner Grauwacke am Contacte verändert, welche heute noch an einzelnen Stellen sein Dach bildet; er hat daher auch, wie die amerikanischen Laccolithen, Contactwirkung nach oben ausgeübt.

Nun mag nochmals betont sein, dass weder nach Holmes' Meinung in den Elk-Mountains, noch nach Losser im Harze die ältere Anschauung von der Erhebung der Gebirge durch den Granit Stütze findet, sondern dass beide Beobachter die Faltung des Gebirges doch als die primäre, beherrschende Erscheinung und die Auspressung des granitischen Magma's als eine begleitende, durch diese Faltung erst veranlasste Nebenerscheinung ansehen. —

Es sind zahlreiche Granitmassen bekannt, welche folgende Merkmale in sich vereinigen:

a) Sie liegen eingebettet in alte geschichtete Gesteine, am häufigsten in Schiefer, aus welchen sie durch die Denudation ausgeschält werden, und sie haben, so weit sich dies erkennen lässt, die Gestalt von grossen unregelmässigen Broden oder Kuchen.

b) Sie haben Contactwirkung nicht nur nach den Seiten, sondern auch nach oben ausgeübt, sind also jünger als ihr Dach.

c) Sie geben in vielen Fällen Apophysen nach der Seite oder wohl auch nach oben ab; diese Apophysen sind in Spalten injicirt, deren Bildung der Injection unmittelbar vorausgehen musste.

Der Drammen-Granit im Gebiete von Christiania wird nach Kjerulf's Schilderung auf nicht unbeträchtliche Strecken von verschiedenen Gliedern der Silurformation flach überlagert; er verändert sie alle nach oben am Contact, schliesst Bruchstücke derselben ein und gibt Gänge in dieselben ab.[36]

Die beiden Granitstöcke von Barr-Andlau und von Hohwald in den Vogesen, deren Contactwirkungen auf die Steiger Schiefer von Rosenbusch so trefflich untersucht wurden, sind diesen Schiefern eingelagert und geben Apophysen in dieselben ab.[37]

Die grossen Granitstöcke des Erzgebirges zeigen ähnliche Verhältnisse und sind zum Theile heute noch überwölbt von der Schiefermasse, welcher sie eingeschaltet sind und welche sie verändert haben. Mit dem Streichen des Erzgebirges stehen diese Stöcke freilich in gar keinem sichtbaren Zusammenhange; der grosse Neudecker Stock liegt mehr oder minder quer im Gebirge

und wird im Süden von dem grossen Abbruche des Gebirges gerade so abgeschnitten, wie die Massen der Vogesen von den Verwerfungen durchschnitten werden, welche für die Gestaltung dieses Gebirges so massgebend sind. —

Es lässt sich nicht leugnen, dass die wichtigsten Merkmale dieser Granitmassen, und insbesondere die Contactwirkung gegen das Dach, sich in den trachytischen Laccolithen Nordamerika's wiederfinden. Ihre Dimensionen sind aber noch weit grösser, und es entsteht die Frage, wie denn so ausserordentlich grosse, nach ihrer grösseren Axe zehn, zwanzig und noch weit mehr Kilometer messende, kuchenförmige Massen nachträglich eingeschaltet werden konnten in einen bestimmten Horizont, z. B. in eine bestimmte Schieferzone, oder doch, wie bei Christiania, in eine ziemlich nahe bei einander liegende Gruppe von geschichteten Gesteinen.

Es ist unbedingt nothwendig, dass der Injection der granitischen Masse, welche eine so hohe Temperatur besass, dass sie die Gesteine zu verändern im Stande war, die Bildung eines entsprechenden Hohlraumes vorausging.

Man hat die tangentiale oder faltende Bewegung der äusseren Theile des Erdkörpers zuweilen eine ‚Rindenbewegung' genannt, aber der Begriff der ‚Erdrinde' ist von manchen Unklarheiten umgeben. Vorgänge wie an der belgischen Faille du midi zeigen, dass ein thatsächliches Abheben einzelner Theile und ein Hinübertreten derselben über andere stattfinden kann. Dieses Abheben mag in der Tiefe, namentlich bei ungleichmässiger tangentialer Bewegung oder bei ungleichmässiger Stauung recht häufig vorgekommen sein, am häufigsten wohl in den Schieferzonen der Tiefe, welche hiezu am geeignetsten sind, und so mögen sehr grosse, mehr oder minder linsenförmige Hohlräume gebildet worden sein, in welche sofort die granitische Masse eintrat, die Decke verändernd und Gänge in ihre Spalten entsendend. Oft deutet nichts darauf hin, dass die ganze, der Fläche des Abhubes oder Abstaues auflastende Masse jüngerer Sedimentgesteine durchbrochen, dass es an der Oberfläche der Erde zu einem vulcanischen Ausbruche und der Bildung der Zerstäubungsproducte gekommen sei, welche die Explosion begleiten. Das Magma trat so weit ein, als der Abstau

reichte, und erstarrte in demselben zu einem felsigen Kuchen, einem wahren Batholithen, welcher spätere Gebirgsbildung zwar niemals zu veranlassen, aber allerdings dieselbe in gewissen Fällen durch seine grosse Masse, seine Festigkeit und seinen Umriss in einzelnen untergeordneten Zügen passiv zu beeinflussen im Stande war.

Die granitischen Stöcke der Pyrenäen sind, wie Zirkel deutlich gezeigt hat, von sehr verschiedenem Alter. Aehnlich verhält es sich mit den granitischen Kernen der Alpen. Mehrere von diesen liegen wohl als wahre Batholithen in Schiefer von carbonischem Alter, andere in weit tieferen Horizonten, andere Granite sind weit jünger; wie solche bei Predazzo mit wahren Eruptionserscheinungen in Verbindung treten, wurde bereits erwähnt.

Hoch über dem Bernina-Hospiz liegen auf dem Granit Schollen von weissem, sei es durch Druck, sei es durch vulcanischen Contact, halbmarmorisirten Kalkstein, welcher zahlreiche, wie es scheint rhätische Fossilien umschliesst. Tief unten in Val Trompia entblössen die Bergbauten der Grube Arnaldo eine Masse von grünem Granit, deren bucklige Oberfläche an einer Stelle aufs Innigste verwachsen erscheint mit dem auflagernden, wahrscheinlich carbonischen Thonglimmerschiefer, während sie an einer anderen, ganz nahe benachbarten Stelle unmittelbar von rothem permischen Sandstein bedeckt ist.

Aber der tiefe Einblick, welchen das Alpengebirge eröffnet, lehrt auch andere, gar unerwartete Erscheinungen kennen. Während syenitische und dioritische Felsarten in den Schloten tertiärer Vulcane angetroffen werden, machen uns Stache und John mit Eruptivgesteinen näher bekannt, die nicht wenig den jungen Andesiten und Propyliten gleichen, und welche in den obersten Quellgebieten der Etsch und der Adda der Unterlage der ganzen mächtigen mesozoischen Reihe eingeschaltet sind.[38] —

Kehren wir aber nun noch einmal zu der Bildung grosser Hohlräume im Innern des Erdkörpers zurück. Der Abstau einer grösseren Masse geschichteter Gebirge mag hinreichen, um das Eintreten linsenförmig erstarrender und ihr Dach verändernder granitischer Massen zu erklären. Unabhängig hievon ist aber schon vor vielen Jahren aus ganz anderen Gründen die Meinung aus-

gesprochen worden, dass es im Innern der Erdmasse keine zusammenhängende Pyrosphäre gebe, sondern dass die Laven in einzelnen grossen Hohlräumen gleichsam in unterirdischen Seen ruhen. Hopkins betrachtete diese Lavaseen als die Reste der ursprünglichen, gluthflüssigen Masse des Erdkörpers und bezeichnete sie als ‚*residual lakes*‘. Eine merkwürdige Erfahrung, die trotz aller Ausnahmen doch überaus auffallende Wiederkehr jener selben Altersfolge eruptiver Felsarten in so entfernten Gebieten, wie z. B. Ungarn und Westamerika, welche den Namen der Richthofen'schen Reihe führt, hat zu der Erörterung dieser älteren Ansicht zurückgeführt. Propylit, Andesit, Trachyt, Rhyolith, Basalt lautet jene merkwürdige Reihenfolge, welche Richthofen's scharfer Blick zuerst erkannte, deren Beständigkeit oft geleugnet worden ist, deren Wiederkehr auf den weitesten Gebieten des westlichen Amerika jetzt ausser Zweifel steht, und welche nach Godfrey nun auch auf Japan als die Regel gelten soll.[39] Ihre Bestätigung auf den grossen Bruchfeldern der Hochplateaux von Utah hat Dutton zu theoretischen Erörterungen veranlasst, in welchen zunächst die locale, umgrenzte Beschaffenheit der Lavabehälter der Tiefe betont, die Auffassung von Hopkins als Residua einer früheren allgemeinen Gluthflüssigkeit aber geleugnet wird. Nach Dutton werden solche Behälter, sie werden ‚Maculae‘ genannt, im Innern der Erde neu gebildet, und es wird die von Cl. King neuerlich betonte Ansicht vom Flüssigwerden durch Verminderung des Druckes mit dieser Voraussetzung in Verbindung gebracht.[40] —

In dem vorhergehenden Abschnitte wurde erwähnt, dass zwar die Dislocationen der Erde ein Bestreben zur Zerlegung der Spannungen in tangentiale und radiale Spannungen erkennen lassen, dass jedoch directe Folgen der radialen Spannung, gleichsam ein actives Hinabziehen gegen den Mittelpunkt der Erde kaum nachweisbar seien, wohl aber ein häufiges passives Hinabsinken grosser Schollen. Dieses passive Hinabsinken setzt auch grosse Hohlräume voraus. In solchen Regionen zeigt sich am häufigsten das Aufquellen von Laven. Die Vorstellung, welche sich aus der Vergleichung dieser Erfahrungen ergibt, ist also etwa diese:

Die obersten peripherischen Theile des Erdkörpers sind durch tangentiale Spannung festgehalten, wie ein Gewölbe. Entweder

radiale Spannung oder Abstau trennt einen Theil des Erdkörpers gegen innen ab, und es bildet sich eine grosse, der Erdoberfläche mehr oder minder parallele, bei radialem Abriss sehr ausgedehnte, bei Abstau mehr linsenförmige Ablösung, eine Macula, welche sich mit Laven füllt. Findet an der Oberfläche die tangentiale Spannung nach irgend einer Richtung ihre Auslösung, z. B. durch Faltung oder durch Ueberschiebung einer anderen Scholle, so sinkt hinter der Faltung oder Ueberschiebung das Gewölbe in die Macula, und auf den Sprüngen oder Einbrüchen quillt Lava hervor.

Inwieferne sich diese Vorstellung bestätigt, kann jedoch erst an späterer Stelle genauer geprüft werden. —

Zum Schlusse mag noch eine Erscheinung erwähnt werden, welche nicht wenigen Ausbruchsstellen gemein zu sein scheint. Es ist dies das umgrenzte örtliche Einsinken, oder, um Reyer's drastisches Wort zu gebrauchen, das Nachsacken des Vulcan's und des umgebenden Gebirges. Hiemit will ich mich nicht beziehen auf jene Beispiele, welche aus der nächsten Umgebung jüngerer Vulcane, z. B. von dem Signal Post Hill auf San Jago (Capverd'sche Inseln) oder von einer kleineren Ausbruchsstelle bei Auckland (N. Zealand) öfters erwähnt worden sind, weil es sich an diesen Stellen doch nur um Vorkommnisse von ziemlich geringer Ausdehnung handelt.[41]

Es handelt sich um die ganze Masse des Vulcans. In voller Uebereinstimmung zeigt Judd, dass der Vulcan von Mull nachgesunken sei, gibt Mojsisovics an, dass der Eruptivstock von Predazzo sich nachträglich gesenkt habe, und schildert Reyer die nachträgliche Senkung der Masse des Venda.[42]

‚Man erhält den Eindruck,' sagt Mojsisovics, ‚als ob an der Peripherie der Eruptionsstelle Theile des durchsetzten Gebirges in entstandene Hohlräume hinabgetaucht worden wären.' Es ist bereits gelegentlich erwähnt worden, wie sehr man geneigt ist, das Volum der bei einer grossen Eruption hervorgestossenen Massen zu unterschätzen, und wie klein die Aufschüttungskegel im Vergleiche zu jener Masse fein vertheilter Materie sind, welche bei ähnlichen Katastrophen auf grosse Strecken hin die Sonne verdunkelt.

Um nun die Denudationsreihe in ihren Hauptzügen zu übersehen, wollen wir auf die im vorhergehenden Abschnitte erwähnten jüngsten Vulcane des mittelamerikanischen Festlandes zurückgreifen.

Es beginnt dann die Serie mit dem jungen Vulcan bei Leon, mit der Ausbruchsstelle in dem See von Ilopango und dem Izalco; keiner dieser Feuerberge ist noch ein Jahrhundert alt; neben ihnen nennen wir etwa Jorullo und M. Nuovo.

An diese jüngsten Feuerberge schliessen sich jene unmittelbar an, welche sich in ununterbrochener eruptiver Thätigkeit befinden und dies durch einen sichtbaren glühenden Lavaspiegel bekunden, wie Stromboli, und, in allerdings wesentlich anderer Gestalt, Kilauea. Auch der bereits genannte Izalco befand sich wenigstens noch vor nicht langer Zeit im strombolischen Zustande.

Es folgen jene Vulcane, welche häufige Eruptionen, wie Vesuv oder Aetna, oder minder häufige, wie Ischia, bieten. Ihre Zahl ist sehr gross, und noch grösser die Zahl jener, von welchen Ausbrüche historisch nicht oder doch nicht mit Sicherheit nachgewiesen sind, welche aber ihre Aschenkegel vollkommen bewahrt haben, wie die Puys der Auvergne oder Rocca Monfina.

Die nächsten sind solche Vulcane, welche so weit zur Ruine geworden sind, dass aus dem theilweise zerstörten Aschenkegel das Gerüste desselben hervortritt; hierher gehören z. B. M. Venda in den euganäischen Bergen, an dessen blossgelegter Basis sich auch schon die seitlichen Intrusionen enthüllen, und, nach Doelter's Beobachtungen, einige Ausbruchsstellen auf den Ponza-Inseln. Hier sind die Lavadecken schon abgetrennt von der Ausbruchsstelle.

Basische Vulcane mit sichtbarem Gerüste sind mir nicht bekannt; aber zahlreich sind die Fälle weithin vereinzelter basischer Stromtheile, welche Vulcane dieser und nachfolgender Phasen begleiten.

Die Erosion dringt weiter vor, und was unter dem Venda nur in kleinem Maassstabe sichtbar war, die seitliche Intrusion oder Injection von Linsen saurer Laven, das zeigt sich in grösstem Maassstabe in den Henry Mountains, Sierra el Late, San Carriso und anderen Fällen im mittleren Nordamerika.

Noch weiter reicht die Zerstörung; sie lässt z. B. in Predazzo hoch oben auf den Bergen die der Triasformation eingeschalteten Laven und unten im Thale die Tiefen des Schlundes erkennen, und in diesem granitische und syenitische Felsarten, während die Zonen des Contactes an den Wänden von den bezeichnenden Silicaten begleitet sind. Diese Entblössung der Felsarten der Tiefe mag auf einer Linie von mehreren Ausbruchsstellen erfolgen, wie auf den Hebriden, oder es mag die Entblössung so weit reichen, dass der Zusammenhang der gemeinsamen Spalte so deutlich hervortritt wie im Banat. Endlich mag die Zerstörung so tief gehen, dass nur eine Narbe zurückbleibt, wie der Syenitzug von Brünn.

Alle bisher genannten Vorkommnisse sind entweder Aufschüttungen auf der Oberfläche des Planeten, veranlasst durch Ausbrüche, welche aus dem Innern desselben hervordrangen, oder es sind die Reste der Schlote und Spalten, durch welche diese Ausbrüche ihren Weg fanden. Die Zerstörung der Erde dringt aber weiter vor; die Denudation enthüllt uns auch Massen, welche, wenigstens in den meisten Fällen, die Oberfläche im feurigflüssigen Zustande nicht erreicht haben, sondern als Batholithen, als gewaltige Felsenbrode in der Tiefe erstarrt sind, wie dies häufig noch eine auf ihrem Rücken uns erhaltene Scholle von verändertem Schiefer, ein Bruchstück der alten Wölbung, lehrt.

So gelangen wir von den Aschenhaufen der Gegenwart zu den Granitmassen des Erzgebirges, dem Drammengranit Norwegens und zu der Erkenntniss der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit in der Bildungsweise der Granite der Alpen.

Endlich führt die Kette der Erscheinungen zu der Voraussetzung von Ablösungen in der Tiefe, welche durch tangentialen Abstau oder durch radialen Abriss gebildet sind, und es bleibt weiter zu untersuchen, inwieferne dieser Annahme der thatsächliche Bau der Gebirge entspricht.

Anmerkungen zu Abschnitt IV: Vulcane.

[1] G. Pexidr, Beitr. zur Kenntniss der durch das Erdbeben vom 9. November 1880 hervorgebrachten Sandschlammauswürfe, 8°, 1880.

[2] Arch. Geikie, The Lava-Fields of North-Western Europe; Nature, Nov. 4. 1880, vol. XXIII, p. 3—5.

[3] E. Reyer, Die Euganäen, Bau und Geschichte eines Vulcans, 8°, 1877; daneb. insbes. G. v. Rath, Geognostische Mittheil. über die euganäischen Berge bei Padua, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1864, XVI, S. 461—529, Taf. XV, XVI; ebendas. S. 520 u. folg. befindet sich ein Abdruck von de Zigno's Schrift über denselben Gegenstand, welche die Jura- und Neocomschichten von Fontana Fredda aufführt.

[4] Der Vulcan Venda; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1875, LXXI, S. 12.

[5] A. C. Peale, On a peculiar type of eruptive Mountains in Colorado; Hayden, Bull. U. S. Geol. and Geogr. Surv. territ. 1877, III, p. 551—564.

[6] G. K. Gilbert, Rep. on the Geol. of the Henry Mountains; 4°, 1877, (U. S. Geogr. and Geol. Surv. J. W. Powell).

[7] F. M. Endlich, On the erupted Rocks of Colorado; Hayden, X. Ann. Rep. of the U. S. Geol. and Geogr. Surv. territ. for 1876; 1878, p. 199—272.

[8] M. H. Holmes, Geol. Rep. on the San Juan District; IX. Ann. Rep. U. S. Surv. for. 1875; 1877, p. 268, pl. XLV, Fig. 1.

[9] Holmes, ebendas. p. 273, 274.

[10] Endlich, Geol. Rep. on the South Eastern District, ebendas. p. 127 u. folg., pl. XVI.

[11] Clar. King, U. S. Geol. Explor. of the 40. Parall. 1878, I, p. 694.

[12] Dutton, High-Plateaus, p. 129—131.

[13] L. v. Buch, Physikal. Beschreibung der canarischen Inseln, 1825; Ges. Schriften herausgeg. von Ewald, Roth und Dames, III, 1877, S. 510.

[14] H. Abich, Geol. Forschungen in den Kaukasusländern, II, Geol. des armenischen Hochlandes, 1. Westhälfte, 4°, 1882, Atl., S. 73, 78, 329 u. a. and. Ort.

[15] H. Abich, ebendas. S. 76.

[16] H. Abich, ebendas. S. 78 u. folg.

[17] W. Topley and G. A. Lebour, On the Intrusive Character of the Whin Sill of Northumberland; Quart. Journ. geol. Soc. 1877, XXXIII, p. 406—421. An dieser Stelle möchte ich erwähnen, dass in den letzten Jahren der Versuch unternommen worden ist, die zahlreichen Basaltströme des vicentinischen Gebirges einem einzigen Horizonte zuzuweisen und den grössten Theil derselben als intrusiv zu bezeichnen. Diese Ansicht theile ich nicht. Nur in der Nähe von Ronca kenne ich im Horizonte des Tuffes mit Strombus Fortisi einen kleinen, gewundenen wahren Intrusivgang. Die Verschiedenheit des Alters der Basalte ergibt sich aus der Verschiedenheit der Versteinerungen in den Tuffen auf

unzweifelhafte Weise. — Für Beispiele vgl. Geikie, On the Carbonif. Volcanic Rocks of the Basin of the Firth of Forth; Transact. Roy. Soc. Edinb. 1880, XXIX, p. 476.

[18] J. W. Judd, The Secondary Rocks of Scotland, 2d pap. On the ancient Volcanoes of the Hebrides and the Relations of their Products to the Mesoz. Strata; Quart. Journ. geol. Soc. 1874, XXX, p. 220—300, pl. XXII, XXIII, und Uebersichtskarte in 1878, vol. XXXIV, pl. XXXI.

[19] Arch. Geikie, On the tert. Volc. Rocks of the Brit. Islands, 1d pap. Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 294. Diese Massen konnten wegen des kleinen Massstabes des Kärtchens Fig. 19 auf demselben nicht dargestellt werden.

[20] Geikie, On the Geol. of the Faeroe Islands, Trans. Roy. Soc. Edinb. 1880—81, XXX a, p. 240.

[21] Aus der reichen Literatur nenne ich nur: F. v. Richthofen, Geogn. Beschreib. der Umgebung von Predazzo, S. Cassian u. s. w. 4°, 1860; C. Doelter, Ueber die Eruptivgebilde von Fleims nebst einigen Bemerkungen über den Bau älterer Vulcane; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1876, Bd. 74, S. 857—878, Karte des Gebietes von Predazzo; E. v. Mojsisovics, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, 8°, 1879, S. 344—393; Ed. Reyer, Predazzo, Jahrb. geol. Reichsanst. 1881, XXXI, S. 1—56, und Karte.

[22] G. v. Rath, Beitr. zur Kenntniss der erupt. Gesteine der Alpen, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1864, S. 249; Zirkel, Lehrb. der Petrogr. 1866, II, S. 22.

[23] R. Lepsius, Das westliche Südtirol. 4°, 1878, S. 208, 222.

[24] C. Peters, Geol. u. mineral. Studien aus dem südöstlichen Ungarn, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1861, XLIII, S. 385—463 und XLIV, S. 81—187, Karte und Tafel; F. Posepny, Geol.-montan. Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya, aus Földtani Közl. IV, 1874, 8°, Budapest, 198 S., Kart. und Taf., insbes. S. 190.

[25] Joh. Kudernatsch, Geol. des Banater Gebirgszuges, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, XXIII, 1857, S. 39—148, Karte und Tafel; Bernh. v. Cotta, Erzlagerstätten im Banat und in Serbien, 8°, 1865, 108 S. und Tafel. L. Lóczi spricht sich gegen die nördliche Verlängerung der Spalte aus, welche Cotta annimmt. (A Hegyes Drocsa-hegység Asvany-Lelhelyei, 8°, Budapest, 1877, p. 10.)

[26] J. Niedzwiezki, Zur Kenntniss der Banater Eruptivgesteine; Jahrb. geol. Reichsanst. 1873, XXIII; Tschermak, Miner. Mitth., S. 255—262.

[27] Szabó in Földt. Közl. VI, 1876, S. 112—132 u. a. and. Ort.; auch F. v. Hauer, Die Geologie und ihre Anwendung u. s. w., 2. Aufl., 8°, 1878, S. 540.

[28] Diese merkwürdige Stelle wurde näher beschrieben von G. Marka, Einige Notizen über das Banater Gebirge; Jahrb. geol. Reichsanst. 1869, XIX, S. 318 u. folg., Taf. VIII, IX.

[29] G. v. Rath, Sitzungsber. Niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 13. Januar 1879.

[30] Es ist in demselben Gebirge, weiter gegen Ost, noch eine zweite ähnliche, doch bis heute weit weniger bekannte Linie von Eruptivstellen vorhanden. Sie zieht von dem Bergorte Maidanpek in Serbien nordwärts herauf, übersetzt die Donau und enthält unmittelbar nördlich von derselben im Ljubkowathale Erze in den gleichen Contactbildungen (Zepharovich, Berg- und Hüttenm. Zeitschrift, V, S. 12; auch J. Böckh, Geol. Notiz. über d. südl. Theil des Comit. Szörény, aus Földt. Közl. 1879, S. 29 Anm.; für ähnliche Eruptivstellen auch ebendas. 1880 und insbesondere Hugo Szterényi ebendas. 1883, S. 142.) Kudernatsch meinte sogar, an dem westlichen Rande des grossen Granitzuges des Puschkasch, der im Osten von Steyerdorf auftritt, ebenfalls im Kalk Contacterscheinungen zu sehen (Jahrb. geol. Reichsanst. 1855, VI, S. 228), doch bedarf die Angabe nach Tietze's Beobachtungen einer neuen Prüfung (ebendas. 1872, XXII, S. 43).

[31] Die näheren Beziehungen dieses Zuges zu den benachbarten Gebirgen wurden bereits Entst. der Alpen, S. 67—71, besprochen.

[32] W. H. Holmes, Rep. on the Geol. of the NW. Portion of the Elk Range; Hayden, Ann. Rep. for 1874, 8°, 1876, p. 59 u. folg.

33 Endlich, On the erupted Rocks of Colorado; Hayden, Ann. Rep. for 1876, 8°, 1878, p. 210—211.

34 Holmes a. ang. Orte, p. 68.

35 Lossen, Geol. und petrogr. Beitr., S. 4, 21, 43.

36 Th. Kjerulf, Die Geol. des südl. und mittl. Norwegen (deutsch von A. Gurlt), 8°, 1880, insbes. S. 73 und S. 242, Fig. 195; E. Reyer, Vier Ausflüge in die Eruptivmassen bei Christiania, Jahrb. geol. Reichsanst. 1880, XXX, S. 27—42.

37 H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Granititen von Barr-Andlau und Hochwald; Abhandl. zur geol. Specialkarte von Elsass-Lothringen, Bd. I, Heft II, 1877.

38 J. Stache und C. v. John, Geol. und petrogr. Beitr. zur Kenntniss der älteren Eruptiv- und Massengesteine der Mittel- und Ostalpen; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 143—242. und 1879, XXIX, S. 317—404. Taf. Ebenso haben Teller und John in neuester Zeit zwischen der Granitmasse von Brixen und der grossen permischen Porphyrdecke von Bozen das merkwürdige, vorherrschend durch Diorit gebildete Eruptivgebiet von Klausen genauer kennen gelehrt; ebendas. XXXII, 1882, S. 589—684, und Taf.

39 F. Baron Richthofen, The Natural System of Volcanic Rocks, Mem. California Acad. Sc. 1868, vol. I, p. 39—133, insbes. p. 67; J. G. H. Godfrey, Notes on the Geol. of Japan, Quart. Journ. Geol. Soc. 1878, XXXIV, p. 542.

40 Dutton, High Plateaus, p. 116, 128 u. a. and. Ort.

41 Scrope, Volcanoes, p. 273; Darwin, Geol. Observ., 2d ed., p. 12; Heaphy, Quart. Journ. 1860, XVI, p. 245.

42 Judd a. ang. Orte, Quart. Journ. 1874, p. 256; Mojsisovics, Dolomitriffe, S. 377, 378; Reyer, Eugan., S. 75—78.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Verschiedenartigkeit der Bewegungen.

Versuche einer Eintheilung der Erdbeben. — Dislocations- und vulcanische Beben. — Blattbeben. — Wechselbeben. — Senkungsbeben. — Der Aetna 1780 und 1874 bis 1883. — Verschiedenartigkeit vulcanischer Beben. — Die Denudationsreihe.

Eine strengere Prüfung lehrt, dass bis zu dem heutigen Tage eine messbare Ortsveränderung irgend eines Stückes des Felsgerüstes der Erde gegen ein anderes, sei es in Form einer Erhebung oder Senkung oder Verschiebung fester Gebirgstheile, nicht mit voller Beweiskraft festgestellt ist. Zwei hervorragende Fälle, die Bildung des Ullah-bund im Ran of Kachh und die angebliche wiederholte Erhebung der Westküste Südamerika's, welche häufig als Beispiele für solche Veränderungen angeführt worden sind, wurden bereits besprochen und andere werden an späterer Stelle ähnliche Ergebnisse liefern. Aber wenn auch thatsächliche Bewegung vor unseren Augen nicht erwiesen worden ist, lehren doch die zahlreichen Dislocationen, dass solche Bewegung oft und in grösstem Maassstabe sich ereignet hat, und zeigen die häufigen Erderschütterungen, dass diese Vorgänge nicht beendet sind.

Die Mannigfaltigkeit der Erderschütterungen ist eine sehr grosse, die Erscheinung selbst ihrem Wesen nach schwer in scharfer Beobachtungsmethode zu erfassen, und die Zahl der planmässig durchgeführten Arbeiten überhaupt bis heute eine gar geringe. Bei der Beurtheilung des Wesens der Erdbeben wird daher ein ganz besonderes Maass von Zurückhaltung zur Pflicht.

In den letzten Jahren sind Classificationen der Erdbeben nach ihrer Entstehungsursache zu wiederholten Malen versucht worden. R. Hoernes unterscheidet Einsturzbeben, vulcanische Beben und tektonische Beben.[1] Toula schliesst sich diesem Vorschlage an und schlägt vor, die letzteren Dislocations- oder Structurbeben zu nennen.[2] Lasaulx trennt zuerst vulcanische und nichtvulcanische Beben und dann unter den letzteren Einsturz- und Spaltenbeben. Als eine Nebenerscheinung nennt noch Lasaulx die Gruppe der Relaisbeben, nämlich secundäre Erschütterungen, welche ausserhalb des engeren Erschütterungskreises eines Erdstosses durch diesen auf anderem Gebiete angeregt werden.[3]

Dies sind die ersten, gleichsam tastenden Versuche, um die vielgestaltige Menge von Erscheinungen zu theilen und womöglich näher zu erfassen. Als wesentlich erscheint mir in denselben das richtige Bestreben, solche Erderschütterungen, welche wahre Ortsveränderungen einzelner Theile der Lithosphäre begleiten oder vorbereiten, mag man sie nun tektonische Beben oder Dislocationsbeben nennen, von allen anderen Beben abzuscheiden.

Vorausgesetzt nun, was gerne zugegeben werden mag, dass keine Dislocation ohne Erdbeben gebildet wird, muss es ebenso viele Arten von Dislocationsbeben geben, als es Gruppen von Dislocationen gibt, und dieselben Grundsätze der Eintheilung müssen auch hier Geltung erlangen. Hienach hätten wir wenigstens in jenen typischen Fällen, in welchen die Zerlegung der tellurischen Spannungen eine vollständigere ist, zwei Hauptgruppen zu unterscheiden, nämlich Erdbeben, welche aus tangentialen Spannungen, und solche, welche aus Senkung hervorgehen.

Alle jene Erdbeben, welche aus dem nördlichen Theile der Ostalpen angeführt worden sind, sowie das Erdbeben von Sillein am 15. Januar 1858 in dem benachbarten Theile der Karpathen, zeigen in übereinstimmender Weise eine quer auf das Streichen des Gebirges gerichtete Axe. Die erregte Bewegung, welche in vielen Fällen ihr Maximum knapp an dem Aussenrande des Gebirges hat, pflanzt sich stets geradlinig weit in die gegenüberliegende böhmische Masse, und zwar nicht selten bis Prag oder Leitmeritz fort; sie kann sogar Meissen in Sachsen erreichen. Dies gilt von allen seit dem Jahre 1590 eingetretenen Stössen

auf der Kamplinie und ebenso von dem Erdbeben von Scheibbs vom 11. Juli 1876. Die Analogie der Stosslinien mit jener Gruppe von Dislocationen, welche wir Blätter nennen, und Bittner's Bemerkung über den genauen Parallelismus der Blätter und der Kamplinie sind schon angeführt worden. Alle diese Beben sind demnach als Blattbeben anzusehen.

Von dem analogen Erdbeben von Belluno vom 29. Juni 1873 soll an späterer Stelle gesprochen werden.

Wenn das belgische Erdbeben vom 23. Februar 1828, welches durch grosse Ausdehnung bei mässiger Intensität und durch genaues Verfolgen des Streichens des Kohlengebirges ausgezeichnet war, in der That, wie Lasaulx vermuthet, von der Faille du midi (S. 186, Fig. 17) ausging, so dürfte es als ein Beispiel eines Wechsel- oder Vorschubbebens angesehen werden.[4]

Im Allgemeinen dürften sich die Schüttergebiete von Wechselbeben an der Oberfläche weniger scharf abgrenzen als Blattbeben, deren radial aus dem Gebirge hervortretende Stossrichtung bezeichnend ist.

Es ist wahrscheinlich, dass die grösste Anzahl der Beben in der nördlichen Hälfte der Alpen aus tangentialen Bewegungen hervorgehe. Solche Beben scheinen, wie schon gesagt worden ist, nur äusserst selten von vulcanischen Ausbrüchen begleitet zu sein. —

Bei der Besprechung der zweiten Gruppe von Dislocationen wurde bemerkt, dass die zweite aus der Contraction des Erdkörpers hervorgehende Componente, der Zug nach abwärts, in der Beschaffenheit der Gebirgsstörungen nicht sichtbar wird, sondern dass die in diese Gruppe eingereihten Dislocationen sich lediglich als Aeusserungen der Schwerkraft darstellen und den Eindruck hervorbringen, als seien Theile der Erdrinde durch eigene Schwere hinabgestürzt in unter ihnen vorhandene Hohlräume, oder als sinke die Oberfläche auf weichender Unterlage.

Hier nun stehen die meisten Fragen offen, denn es führt uns diese Reihe von Erscheinungen, namentlich das Einsinken grosser Erdstücke, zurück zu der noch so wenig umgrenzten und doch so vielfach begründeten Meinung von der Bildung grosser und flacher Hohlräume in der Tiefe des Erdkörpers, welche Dutton Maculae

nennt, und gerade hier, gerade in diesen Senkungsfeldern, treten auf den Dislocationsbrüchen und mit den Erderschütterungen die meisten vulcanischen Ausbrüche hervor. Hier nun entsteht die Frage, wo die Grenze zwischen Dislocationsbeben und vulcanischen Beben zu ziehen sei, eine Frage, welche im abstracten Sinne sehr leicht zu lösen ist, indem man die explosiven Erscheinungen als bezeichnend für die vulcanischen Beben festhält. In der Natur aber zieht sich diese Grenze nicht so leicht; der Vorgang der Eruption zerfällt in eine Reihe von Abschnitten, in welchen die Bewegungen einander nicht gleichen, und es erscheinen Beben auf einer längeren Linie, welche man leicht für Dislocationsbeben halten möchte, die aber doch nur eine Phase des Ausbruches bezeichnen.

Das grosse calabrische Beben von 1783, welches auf einer peripherischen Randlinie die Stosspunkte hin und her treten liess, ist ein Dislocationsbeben und mag als ein peripherisches Senkungsbeben bezeichnet werden, zum Unterschiede von den radialen Beben desselben Gebietes. Wo sich die radialen Linien durchschneiden, wie unter den Liparen, mag man auch von centralen Senkungsbeben sprechen. Es mögen auch verschiedene Schollen eines Senkungsfeldes gleichzeitig, doch in verschiedenem Sinne erbeben. In allen Fällen bleibt die Eruption der Vulcane bei den Dislocationsbeben eine secundäre Erscheinung.

Viel schwerer ist es, diese Bezeichnungen auf das mittelamerikanische Festland anzuwenden. Denn wenn auch die Senkung der pacifischen Region deutlich genug hervortritt und eine unverkennbare vulcanische Hauptzone vorhanden ist, unterscheidet sich dieses Gebiet doch wesentlich von Süditalien durch das stetige und, abgesehen von dem nordwestlichsten Ende, allgemeine Vorrücken der vulcanischen Thätigkeit auf Querlinien gegen die Senkung hin, während in dem engeren, mehr tellerförmigen süditalienischen Senkungsfelde die Erscheinungen auf den Radialen nicht so regelmässig sind.

Um nun die Verschiedenheit der Vorgänge auf italienischem Gebiete und den Charakter von Vorgängen auf einer solchen Radiallinie näher zu zeigen, wollen wir einen Blick auf jene Linie werfen, welche von Vulcano in den Aetna, nach Paternò und

Mineo, also etwa von Nordnordost gegen Südsüdwest durch den Aetna läuft.

Dem calabrischen Erdbeben von 1783 war durch einige Zeit Unruhe auf dieser Linie vorangegangen.

Nachdem der Berg durch vierzehn Jahre geruht hatte, traten in der ersten Hälfte des Jahres 1780 wiederholte Ausbrüche des Aetna ein; am 18. Mai erfolgten besonders heftige locale Stösse an der Küste zwischen Taormina und Messina, welche mit Explosionen verglichen wurden; im Monate Juni brach unter furchtbarem Getöse Vulcano los; am 14. September wurde Patti, an der Nordküste zwischen Vulcano und dem Aetna liegend, von einem heftigen Erdstosse getroffen; am 13. Februar 1781 war Erdbeben in Messina; am 4. Mai, als der Aetna noch in Thätigkeit war, erfolgte ein Stoss von Nord gegen Süd, von Vulcano über Patti gegen den Aetna. Später, am 5. Februar 1783, begann das grosse calabrische Erdbeben.

Diese selbe Linie ist seit dem Jahre 1873 in Thätigkeit. Ueber die Vorgänge auf Vulcano besitzen wir Berichte von Mercalli und Picone; jene auf dem Aetna und in Sicilien sind auf das Eingehendste von Or. Silvestri untersucht worden.[5]

Seit dem Jahre 1780 war Vulcano in Ruhe geblieben, bis er im Monate Juli 1873 begann, mehr und mehr Dampf auszustossen. Am 7. September stieg eine hohe Rauchsäule empor und nun folgten bis zum 20. October rhythmische, strombolische Ausbrüche und bildeten sich vier grosse Oeffnungen im nördlichen Theile des Kraters. Etwa bis zur Mitte des folgenden Jahres 1874 blieb Vulcano in mässiger Thätigkeit.

Am 29. August 1874 brach Aetna los. Der Gipfel des Berges war vom Cratere elliptico gegen Nordnordost auf eine Länge von 5 Km. gespalten. Eine mächtige Rauchsäule trat hervor; Asche und Schlacken wurden ausgeworfen; durch sieben Stunden vernahm man, wie Silvestri sagt, das eigenthümliche Gebrüll, welches sich bei dem Emporquellen der Lava vernehmen lässt. Da begannen ganz unerwarteter Weise die Anzeichen des nahenden Ausbruches abzunehmen, und am folgenden Tage, den 30. August, schien dieser Paroxysmus beendet. Nun folgten durch längere Zeit heftige Erderschütterungen an dem nördlichen Fusse des Berges.

Wir gelangen zu einer nächsten Phase. Diese begann am 4. October 1878 mit einem heftigen Erdbeben zu Mineo, am südlichsten Ende der Radiallinie. Weitere Stösse folgten; in den ersten Tagen des Monats December traten an den Schlammvulcanen zu Paternó, welches in gerader Linie zwischen Mineo und dem Gipfel des Aetna liegt, Ausbrüche von Gas und Schlamm auf, welche lange andauerten. Vulcano, der seit 1873 nicht ganz zur Ruhe gekommen war, steigerte vom 6. Januar 1879 an seine Thätigkeit. Am 26. Mai wurden wiederholte Erdstösse am südlichen Fusse des Aetna verspürt, und gegen den Abend sah man auf der Höhe des Berges sowohl von SSW. als von NNO. schwarze Rauchsäulen aufsteigen, während sich aus dem Hauptkrater weisser Dampf erhob. Die ganze Hochregion des Berges hatte sich in der Richtung der Radiallinie von SSW. gegen NNO., mit leichter S-förmiger Krümmung die Spalte von 1874 wieder eröffnend, auf 10 Km. Länge mitten durch den Hauptkrater gespalten. Silvestri hat die Einzelnheiten des Ausbruches mit bewundernswerthem Muth und Scharfsinn verfolgt.

Am 6. bis 7. Juni konnte dieser Ausbruch als beendet angesehen werden; daneben, ganz ausserhalb des Gebietes dieser Vorgänge, tief unten an dem östlichen Fusse des Berges, in der Nähe der Vorlagen des Val del Bove gegen das Meer, hatte sich am 1. Juni ein leichter Erdstoss eingestellt. Während die Eruption zu Ende war, hielten hier die Erdstösse an, bis am 17. Juni eine äusserst heftige sussultorische Erschütterung diese scheinbar abseits liegende Gegend traf. Personen auf freiem Felde erhielten die Empfindung, als hätten sie einen Sprung gethan. Mehrere Ortschaften wurden erheblich beschädigt. Die etwa 7 Km. lange grössere Axe des Schüttergebietes war aus OSO. gegen den Gipfel des Aetna gerichtet.[6]

Es steigerten sich die Ausbrüche zu Paternò; am 13. December 1879 war wieder heftiges Erdbeben im Süden bei Mineo.

Schon damals konnte Silvestri aus diesen Vorkommnissen entnehmen, dass in der Tiefe des Erdkörpers eine Spalte vorhanden sein müsse, welche den Aetna von NNO. gegen SSW. durchsetzt, und dass der nördlichste vorgeschobene Nebenkrater des Aetna, bei dem Dorfe Mojo, dann der Hauptkrater, die Schlamm-

ausbrüche bei Paternò und Mineo dem Verlaufe dieser Spalte entsprechen. Seither ist eine weitere Bestätigung eingetreten, indem am 22. März 1883, südlicher und tiefer als bisher, doch abermals von SSW. gegen NNO., unter M. Concilio der Berg auf 5 Km. Länge barst; doch ist auch dieses Mal die Menge herausgetretener Lava nur eine sehr mässige gewesen. Die Thätigkeit und Lage von Vulcano aber lassen diese Spalte als eine Fortsetzung der südlichen Radiallinie der Liparen erkennen. —

Diese Einzelheiten lassen nun die grosse Verschiedenheit zwischen einem aus tangentialer Spannung hervorgegangenen Dislocationsbeben, wie etwa einem nordalpinen Blattbeben, und den Vorgängen auf der Radialkluft eines Senkungsfeldes ersehen.

Bei den neueren Ausbrüchen des Vesuv konnte man stets einen längeren oder kürzeren Zeitraum der Vorbereitung erkennen. Silvestri betont ausdrücklich, dass am Aetna den letzten grossen Ausbrüchen stets eine längere oder kürzere strombolische, d. i. rhythmische Thätigkeit als Einleitung vorangegangen war. Dies deutet an, dass es sich hier nicht um Bewegung grosser Erdschollen gegen einander handelt, sondern um die allmälige und zeitweise Wiedereröffnung verschlackter Kanäle, welche auf den Bruchspalten vorhanden sind.

Es sind aber an anderen Vulcanen Fälle von ruhigerem Aufquellen und Abfliessen von grossen Lavamengen beobachtet worden, und ein merkwürdiges Beispiel dieser Art hat Dutton an dem Mauna-Loa geschildert. Die Ausbrüche der Lava erfolgen hier plötzlich aus Radialspalten; der glühende Strom springt zuerst zu beträchtlicher Höhe auf und fliesst dann ab; einer der drei Ströme von 1881—1882 erreichte die Länge von 80 Km., aber kein Erdbeben, keine gewaltige Erschütterung des Berges, auch kein Hervorstossen von Wolken von Wasserdampf, auch nicht der Aufbau von Aschenkegeln wie auf Kilauea begleitete die Naturerscheinung.[7] Wenn wir also auch bei der Meinung zu beharren haben, dass Dislocationen stets von Erdbeben begleitet sind, gilt dies doch von Eruptionen nicht. Eine nähere Vergleichung der Schilderung Silvestri's, namentlich auch in Bezug auf das Verhalten der Schlammvulcane von Paternò, mit den Angaben Dutton's bestätigt jedoch die Meinung, dass

das Getöse des Ausbruches, die Zerstäubung der Gesteine und selbst gewisse Erschütterungen hauptsächlich dem Wasserdampfe zuzuschreiben sind.

Von besonderer Bedeutung aber scheinen mir die nach der Eruption, zuweilen abseits eintretenden Beben, wie jene am östlichen Fusse des Aetna im Monate Juni 1879, welche einer unterbrochenen Eruption folgten.

Auf einer langen Linie, von Vulcano bis Mineo, bewegt sich die Unruhe; nur an einer Stelle, an den Flanken des Aetna, hoch über Vulcano und hoch über den übrigen erschütterten Gebieten, tritt Lava hervor und erfolgen die Explosionen. Tief unten am Fusse folgen aber auch Erdstösse nach dem Ende der Explosionen. Alle Erschütterungen auf dieser langen Linie konnten als Vorbereitungen zum Ausbruche angesehen werden; für diese Erdstösse kann diese Auffassung nicht gelten.

Man kennt noch eine Gruppe zuweilen recht heftiger, zuweilen örtlich sehr scharf umgrenzter Beben, welche bald in der Nähe thätiger Vulcane, wie am 18. Mai 1780 bei Ali unweit von Taormina in Sicilien, oder am 4. März 1881 zu Casa Micciola auf Ischia, bald von jüngeren erloschenen Vulcanen, wie in vielen Fällen vom Albaner Gebirge oder vom Vultur, bald von alt erloschenen Eruptivstöcken wie am 21. Mai 1882 vom Kaiserstuhle im Breisgau[8] ausgegangen sind, welche eine Anzahl gemeinschaftlicher Merkmale besitzen, und von denen ich auch nicht zu entscheiden wüsste, ob sie als Explosivstösse, als Nachsackungsbeben oder wie sie überhaupt aufzufassen seien.

Weitere Beobachtung wird wohl auch hier den erwünschten Aufschluss bringen.

Es ist an einer früheren Stelle versucht worden, eine Denudationsreihe der Vulcane zu ermitteln. Von den jüngsten Aschenkegeln der Gegenwart sind wir zu solchen gelangt, deren Gebälke entblösst ist (Venda, Ponza-Inseln) und in deren Unterbau vielleicht schon Spuren von sauren seitlichen Intrusionen sichtbar sind (Venda), welche zur Vergleichung mit den grossen amerikanischen Laccolithen (Henry Mountains u. A.) einladen. An tiefer erodirten Ausbruchsstellen zeigten sich innerhalb der deckenförmigen Ergüsse Felsarten von altem Typus (Syenit, Quarzdiorit,

Granit) in der Tiefe des Schlotes (Hebriden, Südtirol); die Reste der Decken verschwanden, der sichtbare Querscnnitt der Ausbruchsstellen verlängerte sich, und es gewann die Linie der vulcanischen Spalte mehr und mehr Zusammenhang (Banat).

Diese Phase ist es, welche sich mit Silvestri's Beobachtungen über die Vorgänge auf der grossen, den Aetna durchsetzenden Spalte vergleichen lässt.

Die weitere Zerstörung der äusseren Hüllen des Planeten entblösst nun die langgestreckten Narben und jene grossen, in die Sedimente eingetretenen granitischen oder syenitischen Brode, welche ihr Dach verändert haben, und führt uns zu den Spuren einer Reihe grosser abyssischer Vorgänge. Mit diesen Vorgängen scheint das Fehlen der radialen Componente in den Dislocationen unserer Gebirge, das passive Absinken grosser Schollen und ausgedehnter Tafeln in gewaltige Tiefen in irgendwelchem ursachlichen Zusammenhange zu stehen.

Die Aufgabe des nächsten Theiles ist es nun, das Gefüge der wichtigsten Gebirgszüge der Erde nach dem heutigen Zustande der Erfahrung zu überblicken, und dabei zu untersuchen, bis zu welchem Grade in dem Antlitze des Planeten die räumliche Zerlegung jener Spannungen Ausdruck findet, welche aus der Verminderung seines Körperinhaltes hervorgehen.

Anmerkungen zu Abschnitt V: Verschiedenartigkeit der Bewegungen.

---

1 R. Hoernes, Erdbebenstudien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1878, XXVIII, S. 387 und folg.

2 F. Toula, Ueber den gegenwärtigen Stand der Erdbebenfrage, 8°, Wien, 1881, S. 54.

3 A. v. Lasaulx, Die Erdbeben, in A. Kenngott, Handwörterbuch d. Mineral., Geol. und Paläontol., I, 1883, S. 358—364.

4 Die Nachweisungen über dieses merkwürdige Beben hat Hoff vereinigt; Gesch. der natürl. Veränderungen der Erdoberfläche, V, 1841, S. 286—293.

5 Or. Silvestri, Ueber die Eruption des Aetna am 29. August 1874, übers. von G. v. Rath, Neues Jahrb. Mineral. 1875, S. 36, und dess.: Sulla doppia Eruzione e i Terremoti dell' Etna nel 1879; 2° ed. ampliata del 1° Rapporto present. al R. Governo, 8°, Catania, 1879, 46 pp., tav.; dess.: Lettera all' ill. Prof. L. Palmieri im Boll. Vulc. ital., VII, 1880, p. 9—12 und 82, 86; ferner: Sulla Eruzione dell' Etna scopp. il di 22 Marzo 1883; Rapporto al R. Governo, 8°, Catania, 1883; für Vulcano's Verhalten um diese Zeit: G. Mercalli, Contribuz. alla Geol. delle Isole Lipari, Atti d. Soc. Ital. di Sc. nat. Milano, XXII, 1879, p. 367—380.

6 Il movimento del suolo fu come una spinta così veemente, che la gente che era per le strade e per le campagne ebbe la coscienza di aver fatto in quel momento come un salto da terra; Silvestri, Rapp., p. 39.

7 C. E. Dutton, Recent Exploration of the volc. Phenom. of the Hawaiian Islands; Am. Journ. Science, 1883, 3d ser., XXV, p. 222. Der ganze gewaltige Kegel des Mauna-Loa ist nicht aus Asche, sondern aus blasiger Lava erbaut.

8 A. Knop, Das Erdbeben im Kaiserstuhl im Breisgau am 21. Mai 1882; Beitr. z. naturwiss. Chronik des Grossh. Baden, 1881—1882; aus den Verh. Karlsruh. naturwiss. Vereines, 1883, S. 1—6 und Tafel.

ZWEITER THEIL.

DIE GEBIRGE DER ERDE.

ERSTER ABSCHNITT.

Das nördliche Vorland des Alpensystems.

Die russische Tafel. — Die Sudeten. — Das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld. — Ries und Höhgau. — Die Horste. — Quarzgänge in denselben. — Die zackigen Theile der Umrisse. — Sudetische Spuren. — Beziehungen des Alpensystems zu seinem Vorlande.

Die Erschütterungen, welche von dem nördlichen Rande der Alpen in die Granitberge der böhmischen Masse eindringen, setzen dabei von einer Scholle der Erdrinde in eine andere über (S. 105, Fig. 3). Die Verschiedenheit der Structur und der Schichtenfolge in beiden Gebirgen ist in der That ausserordentlich gross. Der einheitliche Bau des Aussenrandes der Alpen und der Karpathen, von der Schweiz durch Baiern, Oesterreich, Mähren, Schlesien und Galizien ist ebenso unverkennbar, als die Mannigfaltigkeit in dem Umrisse der nördlich vorliegenden Massen. Dennoch steht der Verlauf des Umrisses des Alpensystems und seiner äusseren Falten augenscheinlich in einer gewissen Abhängigkeit von diesem nördlichen Vorlande.

Um den Bau des Alpensystems zu verstehen, ist es also nothwendig, auch dieses nördliche Vorland zu kennen, und wenn einerseits bisher zugestanden worden ist, dass der Umriss des Alpensystems von diesem Vorlande abhängig sei, bleibt andererseits die Frage offen, ob nicht auch die Entstehung der Alpen einen Einfluss auf die Structur des Vorlandes ausgeübt hat.

Das nördliche Vorland der Alpen zerfällt in drei von einander sehr verschiedene Theile. Diese sind von Ost gegen West: die russische Platte, die Sudeten und die mitteleuropäischen Gebirgskerne. Unter der letzteren Bezeichnung fasse ich hier der Kürze

halber die böhmische Masse und alles westlich davon in dem Vorlande der Alpen auftretende alte Gebirge zusammen, also den Schwarzwald, die Vogesen, die kleine Masse bei Dôle, das französische Centralplateau und die iberische Meseta.

A. Die russische Tafel.

Das fremdartigste Stück des Vorlandes ist die russische Tafel. Um einen Ausgangspunkt für ihre Beschreibung zu finden, muss man weit nach Norden gehen. Schlagen wir Grewingk's Karte der Ostsee-Provinzen auf. Granit und Gneiss bilden den Boden in Finnland und das nördliche Ufer des finnischen Meerbusens. Am südlichen Ufer treten die tieferen Abtheilungen der Silurformation in ganz flacher Lagerung hervor; höhere Abtheilungen folgen südwärts, und sie umfassen noch den nördlichen Theil des Peipus-Sees und gegen West die Insel Oesel. Dann folgt in gleicher, fast horizontaler Lagerung der rothe Sandstein der devonischen Formation; er reicht bis zum südlichen Ende des Peipus und bildet fast ringsum das Ufer des Riga'schen Meerbusens. Noch weiter südwärts lagern dann die mittleren und höheren Theile des Devon, über weite Flächen ausgebreitet, und gegen das nordwestliche Kowno hin greift endlich Zechstein und die Jura-Ablagerung von Popilany über die flachen Tafeln der silurischen und devonischen Schichten.[1]

Den östlichen Karpathen steht kein Gebirgsabhang entgegen, wie etwa der Rand des böhmischen Plateaus; weit breiten sich die Ebenen aus, welche aus Löss, aus verschiedenen Ablagerungen der jüngeren Tertiärzeit und der mittleren und oberen Kreide zusammengesetzt sind. Der Lauf des Dniestr und seiner Nebenflüsse aber lässt unter dieser Decke die Fortsetzung der paläozoischen Platten wiedererkennen, welche wir eben hoch im Norden erwähnt haben. Die rothen Sandsteinmassen des Devon, die merkwürdigen Fischreste, die Meeresconchylien im Silur und dabei dieselbe flache Lagerung haben längst schon die Uebereinstimmung mit der grossen russischen Tafel ausser Zweifel gesetzt. Sie sind niemals gefaltet und neigen sich nur wenig gegen Südwest. Malinski und Barbot de Marny haben in neuerer Zeit die

Fortsetzung dieser Vorkommnisse in den angrenzenden Theilen des südwestlichen Russland verfolgt, und Alth hat alle älteren und neueren Beobachtungen in Oesterreich und Russland zu einem sehr lehrreichen Gesammtbilde vereinigt.[2] An dieses schliessen sich ergänzend die Arbeiten von Paul[3] und die paläontologischen Bemerkungen von F. Schmidt.[4] Endlich hat Alth selbst seither die merkwürdige Thatsache festgestellt, dass sich gegen West zwischen den rothen Sandstein und das Cenoman noch eine oberjurassische Kalkbildung, eine Transgression von westlichem Charakter einschaltet.[5]

Die Entblössungen des alten Gebirges sind allerdings auf die Flussthäler beschränkt, aber die Vereinigung der Beobachtungen lässt nichtsdestoweniger die Hauptumrisse der Verbreitung erkennen. Die Granitplatte, welche am Bug weithin sichtbar wird und sich in das Gouvernement Cherson fortsetzt, bildet die Unterlage; sie ist am Dniestr etwa bis Jampol unterhalb Mohilew zu sehen, und die äusserste Linie von Granitvorkommnissen dürfte sich von hier nordwestlich gegen Proskurow am obern Bug und dann nordnordöstlich gegen Nowogrod-Wolynsk in Volhynien erstrecken. Westlich von dieser Linie trifft man in fast horizontaler Lagerung die paläozoischen Schichten, und zwar werden gegen West immer jüngere Abtheilungen sichtbar.[6] Bei Jampol liegt Sandstein als tiefstes Glied des Silur auf dem Granit; dann folgen höhere Glieder bei Mohilew, Kameniec-Podolski, an der österreichischen Grenze nordwärts bis Tarnaruda und innerhalb derselben am Dniestr bis oberhalb Zalescyki. An den Nebenflüssen des Dniestr, welche alle aus dem Norden kommen, hängt ihre Entblössung von dem Maasse der Auswaschung ab. Den höchsten Abtheilungen des Silur folgt gegen West der rothe devonische Sandstein; er ist am Dniestr bis über Nieznow hinauf, ferner an der Zlota lipa und im Thale des Sered bis 8 Km. unter Tarnopol sichtbar; dann verschwindet er unter viel jüngeren Ablagerungen. —

So liegt also im östlichen Galizien unter der Ebene ein Theil jener merkwürdigen Scholle, welche vom südlichen Schweden durch das nördliche und mittlere Russland her und weit nach Osten hin seit den ältesten Zeiten ihre flache Lagerung bewahrt

hat, und sie lässt auch hier, im Flussbette des Dniestr, eine wesentliche Beirrung ihrer Schichtenlage nicht erkennen.

Zwischen dem Dniestr bei Zalescyki und dem aus gefalteten Neocomschichten zusammengesetzten Aussenrande der Karpathen befindet sich noch ein beträchtlicher Fluss, der Pruth, aber sein Thal, welches beiläufig zur selben Meereshöhe ausgewaschen ist wie jenes des Dniestr, lässt nur tertiären Sand und Thon sichtbar werden.

Vergebens sucht man die Fortsetzung der paläozoischen Schichten; nicht einmal die Kreide ist sichtbar.

Alth vermuthet, es müsse am Ostrande der Karpathen ein grosser Einsturz erfolgt sein, durch welchen ein mehrere Meilen breiter Abgrund gebildet wurde, welchen später die tertiären Absätze ausfüllten.[7] Paul meinte sogar, es könne die Frage nicht unbedingt ausgeschlossen bleiben, ob nicht in den krystallinischen Schiefergesteinen der Karpathen metamorphosirte Aequivalente der podolischen Silurablagerungen zu suchen seien.[8]

Wie dem auch sei, so viel ist sicher, dass diese ganze Serie von mächtigen und gegen Nord und Nordwest so weit verbreiteten Ablagerungen hier plötzlich dem Auge entzogen wird. In der geographischen Breite der böhmischen Silurmulde und noch südlicher als diese kann man am Dniestr Eurypterus Fischeri, Illaenus Barriensis, Phacops Downingiae und andere bezeichnende Fossilien des Nordens sammeln. Noch auffallender ist das Auftreten des alten rothen Sandsteins. Mehr als 30 Breitegrade gegen Nord kann man ihn verfolgen, seitdem kürzlich seine Aequivalente von Nathorst auf Spitzbergen nachgewiesen wurden.[9] Von Spitzbergen findet der alte rothe Sandstein seine Fortsetzung über die Orkney's nach Schottland und bis nach Wales. Einzelne alte Sandsteinschollen in Norwegen scheinen hieher zu gehören. Die südlichsten Strecken sind jene im Angesichte der Karpathen, und von hier haben wir uns wieder weit nordwärts zu wenden, um die Fortsetzung der scandinavischen Vorkommnisse am Riga'schen Meerbusen zu treffen. Von hier aber zieht die weitere Fortsetzung östlich und nordöstlich gegen das weisse Meer, als sollte die scandinavisch-finnische Masse rings von einem grossen Gürtel des alten rothen Sandsteins umgeben sein.[10] —

Geht man von dem Rande der Karpathen bei Kutty gegen Nordnordost, so erreicht man in etwa 34·5 Km. die Mitte des Pruththales oberhalb Sniatyn und nach weiteren 25 Km. die paläozoischen Ablagerungen bei Zalescyki. Innerhalb dieser 25 Km. muss dieser ohnehin stellenweise, wenn auch nur flach gegen Südwest geneigte Theil der russischen Platte durch diese flache Neigung, durch Beugung oder durch Bruch so tief gesenkt sein, dass er im Thale des Pruth nicht mehr sichtbar ist, und die Senkung muss wohl auch noch weiter gegen die Karpathen hin und unter dieselben sich fortsetzen.

Alle Umstände führen zu der Vermuthung, dass ein Theil der russischen Tafel von den karpathischen Faltungen überwältigt worden ist.

B. Die Sudeten.

Die flach gelagerten Glieder der russischen Tafel verschwinden gegen West unter der Ebene; es ist nicht sicher, ob sie unter der jungen Ueberdeckung den Bug überschreiten, aber es ist sicher, dass sie den Sanfluss nicht erreichen.

Schon ziemlich weit östlich von diesem Flusse, in der Nähe des Ortes Lubaczow, hat Hilber an zwei Stellen das Herauftauchen steil aufgerichteter Schichten von grauem Schieferthon wahrgenommen.[11]

Im südlichen Radom, bei Sandomir, Kielce und Chienciny erhebt sich ein kleines selbständiges Gebirge, welches wir mit Pusch das Sandomirer Gebirge nennen wollen. Es besteht, wie F. Roemer und Hempel gezeigt haben, aus einer Anzahl östlich oder ostsüdöstlich streichender Falten und tritt nach Tietze's Beobachtungen auch auf österreichischem Gebiete, bei Gorzyce, hervor.[12] Die ganze Reihe der Trias und ein Theil der Juraformation sind vorhanden und haben an den Faltungen theilgenommen. Das tiefste Glied ist nach Zeuschner silurischer Graptolithenschiefer, denn die mächtigen Quarzite, welche an den Sätteln des Gebirges hervorragen, dürften schon dem Unterdevon zufallen. Auch eine reiche mitteldevonische Fauna hat derselbe hier angetroffen, welche dem Eiflerkalk entspricht,[13]

und F. Roemer hat noch eine oberdevonische Fauna nachgewiesen, welche mit dem Goniatitenschiefer von Büdesheim und dem Nassau'schen Cypridinenschiefer übereinstimmt.[14] Die Carbonformation scheint gar nicht vertreten zu sein; Zechstein mit Productus horridus folgt auf Devon, dann Triasbildungen.

Das ist nicht mehr die Schichtfolge und die Structur der russischen Tafel, und wenn auch weit im Norden in den Domanikschiefern ein Aequivalent der Büdesheimer Goniatitenschiefer bestehen und im Ural noch Devonkalk mit Stringocephalus Burtini vorkommen mag, stimmt doch was aus dem Sandomirer Gebirge bekannt ist, so sehr mit allen westlichen Vorkommnissen bis zu den Sudeten überein, dass wir eine Grenzlinie östlich vom Sanflusse suchen müssen.

In der That taucht nun aus dem weit gegen West sich erstreckenden Lande da und dort altes Schichtgebirge hervor; so Mitteldevon und Kohlenkalk bei Debnik nördlich von Krzezowice, Stringocephalen-Kalkstein bei Siewersz und devonischer Schiefer bei Tost, nördlich von Gleiwitz, bis endlich jenseits der oberschlesischen Kohlenfelder die Abhänge der Sudeten erreicht sind.

Nur der südliche Theil der Sudeten wird uns beschäftigen. Ich müsste weit über den Rahmen dieser Schrift hinausgehen, wenn ich die zahlreichen verdienten Forscher aufzählen wollte, welchen die Kenntniss von dem Baue dieses Gebirgszuges zu verdanken ist. Für das österreichische Gebiet nenne ich nur H. Wolf und D. Stur,[15] für den Rand der Karpathen und das Gebiet von Krakau Hohenegger und Fallaux,[16] für Oberschlesien und die benachbarten Theile Polens F. Roemer.[17]

Der südliche Theil der Sudeten hat ganz monoklinale Structur, und von den höchsten Kuppen gegen Ost herabsteigend begegnet man im Allgemeinen bis weit in die polnische Ebene hinaus immer jüngeren Schichten. Die ältesten Abtheilungen dieser Serie, welche am höchsten ansteigen, haben im Allgemeinen auch die steilste Lagerung; die zunächst folgenden Glieder, bis zu den Kohlenflötzen hinab, zeigen oftmalige untergeordnete Falten und Knickungen, durch welche ihre ohnehin beträchtliche Mächtigkeit scheinbar noch vergrössert wird. Die jüngeren Glieder lagern in der Ebene

flach, während es weiter im Norden nicht an Anzeichen fehlt, dass noch nach der Kreidezeit grosse Faltungen eintraten.

Eine nähere Prüfung dieser grossen ostwärts geneigten Serie zeigt aber, dass sie nicht vollständig ist; mehrere Glieder, wie Lias, Neocom, Gault, Eocän, fehlen derselben; jeder Lücke ist eine Transgression gefolgt, welche auf einer weithin abgewaschenen Fläche der älteren Bildungen stattfand, und da diese älteren Bildungen der Abrasion nicht horizontale Flächen boten, liegt z. B. bunter Sandstein da auf Culmschiefer und dort, unweit davon, auf carbonischem flötzreichen Gebirge u. s. w. Es sind aber offenbar sehr gleichförmige und einander ähnliche Bewegungen gewesen, welche zu wiederholten Malen Abrasion und Transgression veranlasst haben.

Der Ostabhang des Gebirges selbst, von der Höhe bis herab zu der Ebene des flötzreichen Gebirges, besteht in einer Breite von mehreren Meilen aus Devon und Culm. Auf den muthmasslich archäischen Felsarten liegt hier unterdevonischer Quarzit mit Homalonotus crassicauda, Grammysia Hamiltonensis und Spirifer macropterus. Diese Zone streicht in der Gegend von Zuckmantel und Würbenthal etwa von Nord gegen Süd und wendet sich dann gegen Südsüdwest. In dieser Richtung erstreckt sich das unterdevonische Gebirge noch sehr weit fort und erreicht sogar bei Petrowitz, östlich von Raitz (nördlich von Brünn), jene Narbe, d. i. jenen grossen, hier durch einen Syenitzug ausgezeichneten Hauptbruch, welcher die Sudeten scharf von der böhmischen Masse scheidet.

Die nächste Zone gegen Ost ist von mitteldevonischem Alter. Von Bennisch bis Sternberg herab ist dieselbe durch das Vorkommen eines Zuges von Eisensteinen, dann durch Schalsteine, Diabas-Mandelsteine und untergeordnete Kalklagen ausgezeichnet. Phacops latifrons bezeichnet das Alter. Weiter im Süden besteht diese Zone nur aus Kalkstein und sie erreicht ebenfalls nördlich von Brünn, und zwar in beträchtlicher Breite, den Syenit.[18]

Nun folgt die breiteste dieser Zonen, der Culm mit den Dachschieferbrüchen. Stur hat innerhalb dieser Zone, deren Felsarten sehr mannigfaltig sind, drei Horizonte unterschieden. Posidonomya Becheri und Archaeocalamites radiatus sind die wich-

tigsten Fossilien. Diese Zone tritt in der Nähe von Hultschin in einem stumpfen Winkel gegen Ost vor, und dort ist in steiler Schichtstellung die Berührung mit den folgenden flötzführenden Ablagerungen sichtbar. In ihrer Fortsetzung gegen Süd- und Südwest gelangt ihr östlicher Rand südlich von Weisskirchen in unmittelbare Berührung mit dem äusseren Rande der Karpathen. Die Berührung beider Gebirge ist eine so innige, dass die europäische Wasserscheide ganz in die sudetische Culmzone fällt.

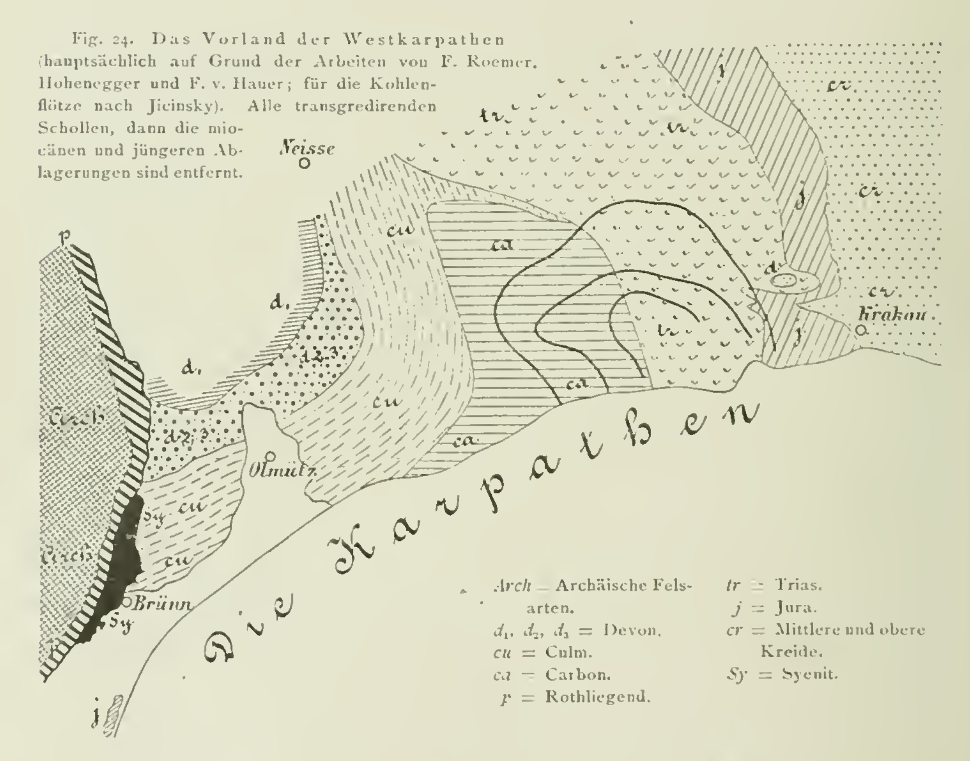


Fig. 24. Das Vorland der Westkarpathen (hauptsächlich auf Grund der Arbeiten von F. Roemer, Hohenegger und F. v. Hauer; für die Kohlenflötze nach Jicinsky). Alle transgredirenden Schollen, dann die miocänen und jüngeren Ablagerungen sind entfernt.

Diese Zone ist die letzte, welche südlich von Weisskirchen und Leipnik sich als Höhenzug fortsetzt; sie bildet den äusseren Saum der Höhen, welche gegen Brünn hinabziehen. Alle folgenden Abtheilungen der sudetischen Serie verschwinden zwischen dieser Berührungsstelle und der Gegend von Krakau.

Bei Hultschin, sagten wir, folgt auf die obersten Lagen des Culm die Reihe flötzführender Ablagerungen. Die mürbe Beschaffenheit der Mehrzahl ihrer Gesteine bringt es mit sich, dass sie kein Gebirge bildet, sondern eine von zerstreuten Hügelgruppen unterbrochene Ebene. Sie bildet auch keine den Sudeten

parallel streichende Zone, wie Devon und Culm, sondern es schiebt sich im Norden, wie F. Roemer ausführlich gezeigt hat, im weiten Bogen eine Reihe von Culmvorkommnissen vor, von dem vorspringenden Theile der Hauptmasse bei Hultschin über Katscher, östlich von Leobschütz, nördlich von Kosel gegen Tost, und diese Linie, in Verbindung mit dem Auftreten von devonischem Kalkstein bei Siewerz und von Devon und Kohlenkalk nördlich von Krzezowice, umgrenzt den Raum, innerhalb dessen Kohlenflötze bekannt sind.[19]

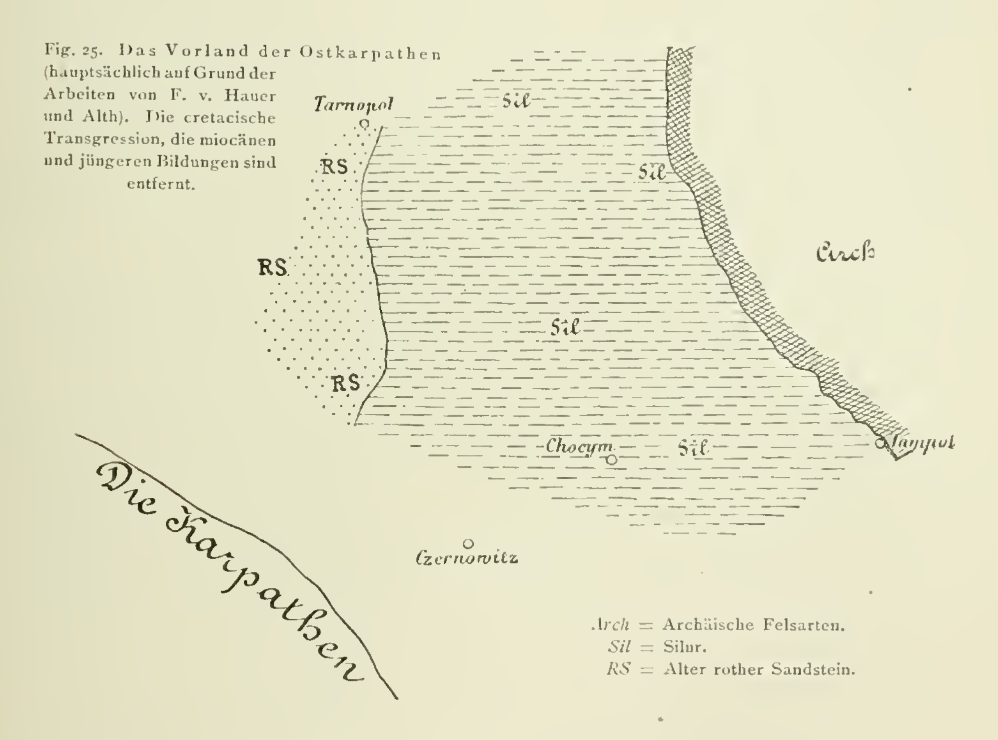


Fig. 25. Das Vorland der Ostkarpathen (hauptsächlich auf Grund der Arbeiten von F. v. Hauer und Alth). Die cretacische Transgression, die miocänen und jüngeren Bildungen sind entfernt.

Man bemerkt, dass dieser Bogen gegen West, Nord und Ost geschlossen, gegen die Karpathen hin aber offen ist. Bergdirector Jicinsky hat es versucht, auf Grund der Erfahrungen des Bergbaues den Zusammenhang der Hauptflötze in dem gesammten Revier zu ermitteln und ist ebenfalls zu einer Reihe von grossen Bogen gelangt, welche unter der Triasformation sich fortsetzen und gegen die Karpathen geöffnet sind.[20]

Diese Lage der Dinge ist für mich der Beweis, dass das schlesische Kohlengebirge thatsächlich unter die Karpathen sich fortsetzt.

Hochstetter hat diese Vermuthung schon seit langer Zeit ausgesprochen;[21] ich selbst habe sie immer getheilt;[22] Stur ist bei seinen Betrachtungen von dieser Voraussetzung ausgegangen;[23] Jicinsky hat die muthmassliche Fortsetzung der Flötze unter die Karpathen schon durch Punktreihen angedeutet und in diesem Sinne ein ideales Profil entworfen. Da jedoch dieses Kohlengebirge concordant auf dem Devon und dem Culm der Sudeten lagert und die Verschiedenheit der Oberflächengestaltung nur der grösseren Zerstörbarkeit des Steinkohlengebirges zuzuschreiben ist, muss man dasselbe als einen normalen Bestandtheil der Sudeten selbst ansehen, und es folgt hieraus, dass die Faltungen der Karpathen sich wohl an den aufgerichteten Schiefer- und Sandsteinmassen der Culmzone gestaut haben, aber über die niedrige Fläche der flötzreichen Region hinübergetreten sind, und dass in der That ein Stück der Sudeten unter den Karpathen liegt.

Man hat denn auch, z. B. bei Schönhof, mit Erfolg Schürfungen bis knapp an den Rand der Flyschzone der Karpathen ausgeführt, und sogar in der Nähe von Hustopec, nördlich von der Berührungsstelle von Culm und Flysch bei Weisskirchen, noch auf Kohle gebohrt. Dort traf man in der That auf ein Flötz, von welchem es sich jedoch bei weiterer Ausrichtung zeigte, dass es nur in einen sehr grossen, losen Block von zertrümmertem Steinkohlengebirge eingeschlossen sei. Im Allgemeinen sind merkwürdiger Weise die Störungen und Knickungen der Flötze, soweit die heutigen Aufschlüsse beurtheilen lassen, gegen die Sudeten hin steiler und heftiger als gegen die Karpathen.

Trotz der grossen, auf österreichischem Gebiete auf mehrere tausend Fuss geschätzten Mächtigkeit der flötzreichen Ablagerungen, glaube ich dennoch nicht, dass sie in einer dem heutigen Umrisse entsprechenden Mulde abgelagert worden seien, sondern halte sie nur für Reste einer viel weiter ausgedehnten Ablagerung, welche in einer weiten Mulde bewahrt worden sind von jener grossen vortriadischen Abrasion, welche alles Land bei dem Vordringen des bunten Sandsteines ebnete, den Culmsattel bei Tost hervortreten liess und die permischen Ablagerungen, von welchen nur vereinzelte Spuren sichtbar geblieben sind, zerstörte. —

Ueber diesen paläozoischen Ablagerungen der Sudeten liegt nun mit sehr flach gegen Ost oder Nordost geneigten Schichten eine mannigfaltige Reihe von mesozoischen Meeresbildungen. Der Verlauf ihres Westrandes ist bedingt durch das Maass der Zerstörung, welcher sie unterworfen gewesen sind, der sichtbare Ostrand aber durch das Ausmaass der Abwaschung und Zerstörung des auflagernden, nächst jüngeren Gliedes. So entstehen jene parallelen oder concentrischen Formationsgrenzen auf den Karten, welche so oft für eben soviele Anzeichen der Senkung, z. B. im Pariser Becken, angesehen worden sind.

Diese flache Lagerung ist, so weit meine Erfahrungen reichen, nur durch eine grössere Störung unterbrochen, über deren Zusammenhang mit dem sonstigen Baue des Landes ich trotz mehrmaligen Besuches der Strecke zu keinem bestimmten Urtheil gelangen konnte. Es ist dies eine quer auf dem Streichen dieser mesozoischen Gürtel liegende Synklinale oder Grabenverwerfung, an welcher alle Schichten, auch die Kreide, theilnehmen, deren Axe etwas nördlich von Krakau liegt, und welche mit westnordwestlicher Richtung über Trzebinia hinaus gegen Myslowitz streicht (Fig. 24); sie ist anfangs ziemlich weit, wird dann enger und steiler und dürfte gegen Myslowitz in einen einfacheren Bruch übergehen; vielleicht geht noch eine zweite solche Störung von dieser in der Richtung Trzebinia-Chrzanow ab. Mit dieser Ausnahme ist der Verlauf der mesozoischen Zonen sehr regelmässig und wird auch durch die hervortretenden Kuppen alten Gebirges wenig beirrt.

Die Triaszone ist gegen West in zahlreiche einzelne Kuppen aufgelöst, sinkt im Norden nach Roemer's Untersuchungen etwas westlich von der Wartha unter den braunen Jura hinab, wird von der eben erwähnten Störung Krakau-Myslowitz betroffen und fällt im Angesichte der Karpathen, südlich von dieser Störung, den Höhenzug zwischen Alwernia und Chelmek bildend, zur Weichsel ab. Die Lagerung scheint hier ganz flach zu sein. Den Fuss des mit den Resten der Veste Lipowec gezierten Abhanges bildet bunter Sandstein. Jenseits der Weichsel befindet sich der Fuss der Karpathen, hier nach Hohenegger aus gefalteten Nummulitenschichten bestehend. Die Entfernung des Fusses beider Höhenzüge beträgt 9·5 Km.[4]

Ueber der Triasformation ist die rhätische Stufe nur örtlich und in untergeordneter Weise vertreten; Lias bleibt ganz unsichtbar; im Norden treten thonige Gesteine mit Perisphinctes Parkinsoni, im Süden die Oolithe von Balin mit Stephanoc. macrocephalum über den Keuper vor; über diesen erscheint im Süden blauer Thon mit Belemn. semihastatus, dann sind sie überragt von weissen Jurakalk-Felsen, welche von Czenstochau an einen landschaftlich sehr hervortretenden, zusammenhängenden Zug an der Ostseite der Wartha über Olkusz bis Krakau und bis knapp an den Fuss der Karpathen bilden. Ostwärts sinken sie bei Lelow und in der Nähe von Krakau unter die zusammenhängende Decke von Cenoman. Diese Jurakalke widerstehen der Denudation in höherem Grade als die Sandsteine und Thone der älteren Stufen des mesozoischen Gebirges, und selbst als die zwischen minder widerstandsfähige Schichten eingeschalteten Kalkbänke der Trias. Dies ist offenbar der Grund, warum man den Jurakalk auch quer über das Thal der Weichsel bis ganz an den Rand der Karpathen verfolgen kann.

Die Breite des sich in einzelne Kuppen auflösenden Jurazuges im Angesichte der Karpathen zwischen Mirow und Podgórze ist eine ganz ansehnliche. Zwischen Tyniec und Podgórze überschreitet derselbe die Weichsel, mehrere kleinere Massen ragen aus den Alluvien hervor, und die letzte Kuppe, bei Kurdwánow westlich von Wieliczka, steht nur 2 Km. vom Karpathenrande bereits innerhalb jenes Saumes von tertiärem schwefel- und salzführenden Thon, welcher bei Wieliczka selbst von den Karpathen in grossen Falten nordwärts überschoben ist.[25]

Diese sehr bemerkenswerthe Berührungsstelle zeigt, dass der weit aus Nordost herstreichende Jurazug in der Nähe der Karpathen keine Ablenkung erfährt, sondern dass er unter die Karpathen hinabsinkt.

Ueber dem Jura fehlt Neocom und Gault; die Cenomanstufe greift, wie das an so vielen Orten sichtbar ist, weit über die älteren Stufen vor und grosse vereinzelte Schollen erscheinen sogar westlich von der Triaszone bei Oppeln und unmittelbar auf der Culmzone bei Hotzenplotz. Diese Transgression verräth das grosse Ausmaass der Abrasion, welche vorhergegangen sein muss. Der

Culmschiefer lag bereits bloss, die Trias musste von einem grossen Theile des Kohlenreviers entfernt sein, und es bleibt daher wenig Zweifel darüber, dass zu jener Zeit, in welcher die miocänen Ablagerungen bei Wieliczka von den Karpathen vorwärts gedrängt wurden, die Abtragung nicht nur des Carbon, sondern auch von Trias und Jura beiläufig ebenso weit vorgeschritten war wie heute.

Ein zusammenhängender Saum von Kreideablagerungen erscheint aber erst im Osten zwischen Wartha und Pilica, zieht sich bei Krakau in die Mulde von Trzebinia hinein und erreicht endlich die Weichsel; wie die Triasformation ist auch die Kreide gegen die Karpathen hin abgewaschen, und jenseits der Weichsel kenne ich wenigstens in der Gegend von Krakau nur undeutliche Spuren. Ostwärts bedeckt sie nun weithin die Ebene.

Eocäne Ablagerungen sind in dem ganzen Vorlande der Karpathen nicht bekannt; zahlreiche vereinzelte Schollen einer miocänen Meerestransgression finden sich über den Kohlenfeldern; die Ablagerungen dieses Alters erlangen am Saume der Karpathen grosse Mächtigkeit und sind, wie ich bereits erwähnt habe, in demselben von den Karpathen her in grosse Falten überschoben. —

Hiemit sind wir an jenen Ablagerungen angelangt, welche an den Bewegungen der Karpathen unmittelbar Antheil nehmen. Im Ganzen aber erkennt man Folgendes:

Die archäischen Gesteine der Sudeten erreichen südwärts ohne Beirrung den grossen Bruch von Brünn; dasselbe gilt von der unterdevonischen und von der mitteldevonischen Zone. Der äussere Rand der Culmzone tritt mit dem äusseren Rande der Karpathen südlich von Weisskirchen in Berührung; beide sind aneinandergepresst; alle weiteren Zonen der Sudeten bis zur polnischen Ebene hinaus, Carbon, Trias, Jura und Kreide, sinken von Norden her unter die Karpathen hinab.

Was zu Tage diese Berührungsstelle überschritten hat, nämlich Archäisch, Devon und Culm, wird von dem Bruche bei Brünn gegen die böhmische Masse plötzlich abgeschnitten, und die Fortsetzung der äusseren Zonen der Sudeten ist unter der mährischen Ebene zu suchen.

Wer also den Bau der Karpathen richtig beurtheilen will, darf nicht ausser Acht lassen, dass trotz des regelmässigen Verlaufes seiner Falten dieses Kettengebirge wenigstens zum Theile auf zwei anderen, sehr verschiedenartigen Schollen der Erdrinde ruht, nämlich im Osten auf der russischen Tafel und im Westen auf dem südöstlichen Theile der ostwärts geneigten Sudeten.

C. *Das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld.*

Ein langer Saum von Rothliegendem bezeichnet vom Südfusse des Riesengebirges her den wahren Rand der böhmischen Masse. In der Gegend von Brünn neigen sich die Schichten steil ostwärts gegen den Bruch; an einer Stelle, bei Rossitz südlich von Brünn, erscheint zwischen der archäischen Unterlage und dem Rothliegenden noch eine kleine Scholle des oberen Carbon mit bauwürdigen Flötzen, und noch weit im Süden, bei Zöbing unweit von Krems, haftet an der Aussenseite des Bruches eine Scholle von Rothliegendem.

Bis Brünn hinab standen die Sudeten zwischen der böhmischen Masse und den Karpathen; nun reicht der Blick von den Abhängen des Manhartsgebirges, welches den Rand der böhmischen Masse bildet, frei über die Ebene zu dem hier allerdings durch Einsturz lückenhaften Saum der Flyschzone.

Auf der Höhe der böhmischen Masse sieht man hier weithin nur archäische Felsarten, aber die gleichsam fragend aufragenden Schichtenköpfe des Rothliegenden an dem Randbruche zeigen, dass ihre Fortsetzung einst das ganze Land bedeckt haben muss. Im Norden ist ihre Verbreitung wohl bekannt, aber auch im Süden, bei Budweis, mitten in dem Hauptgebiete archäischer Felsarten, liegt eine vereinzelte Scholle.[26]

In Sachsen ist eine beträchtliche Denudation der carbonischen Flötze vor der Ablagerung des übergreifenden Rothliegenden nachgewiesen.[27] Sucht man aber den westlichen, bairischen Rand der grossen Masse auf, so trifft man, wie Gümbel gezeigt hat, auch hier einen Abbruch, welcher noch dazu im Fichtelgebirge und durch seine ganze Fortsetzung im Thüringerwalde das

Streichen des Gebirges quer durchschneidet, und längs dieses Abbruches ragt derselbe Saum von steil gestelltem Rothliegenden empor mit denselben vereinzelten Schollen des oberen flötzführenden Carbon, welche wir an der Ostseite bei Rossitz kennen. Die Beschreibungen der Vorkommnisse von Stockheim und Erbendorf, sowie des ganzen, wenn auch unterbrochenen Saumes von Rothliegendem an dem Rande des alten Gebirges vom Thüringerwalde bis zur Walhalla bei Regensburg herab, welche selbst noch auf Rothliegendem erbaut ist, zeigen die auffallendste Uebereinstimmung mit der östlichen Bruchlinie vom Südfusse des Riesengebirges über Brünn, Rossitz und Zöbing.[28] —

Was jenseits dieses westlichen Randes liegt, bis weit zum Schwarzwalde hinüber, hat aber einen gar eigenthümlichen Bau. Die ganze Decke von Trias- und Jurabildungen, welche in der Gestalt eines Dreieckes gegen Ost vom Thüringer- und Frankenwalde, dem Ende des Fichtelgebirges und dem bairischen Walde, gegen West vom Oden- und Schwarzwalde begrenzt wird, und welche im Süden zwischen Schaffhausen und Regensburg an einem grossen Bruche, dem Donaubruche, endet, gleicht der eingebrochenen Eisdecke eines entwässerten Teiches. Von den alten Granit- und Gneissgebirgen im Osten und im Westen sinken Trias und Jura in Staffeln zur Tiefe; bevor der grosse Querbruch an der Donau erreicht ist, fallen noch kreisförmige Stücke mitten im Streichen der Juraformation zur Tiefe hinab und eines derselben erzeugt den wunderbaren Rieskessel bei Nördlingen. Alle die mannigfaltigen Lagen der schwäbischen Juraformation brechen aber sammt der unterliegenden Trias jenseits des Rieskessels längs der Donau zur Tiefe hinab, und ihre Fortsetzung befindet sich unter jener Ebene, an deren südlichem Rande sich die Alpen erheben.

Seit längerer Zeit hat man den Abbruch an der Donau als den Rand einer grossen Absenkung und den Rieskessel als einen Einsturz richtig erkannt; dass dies aber nur Theile eines einzigen grossen, bis zum Vogelsberge und bis zum Thüringerwalde reichenden Vorganges der Einsenkung sind, zeigt deutlich eine lange Reihe von Beobachtungen über die Verwerfungen, welche gegen Ost und gegen West den Fuss der alten Gebirge begleiten.

Ich will nur einige neuere Angaben anführen und beginne im Nordosten, am Rande des Thüringerwaldes.

H. Credner hat die linearen, von Nordwest gegen Südost verlaufenden Verwerfungen, welche das Land zu beiden Seiten des Thüringerwaldes durchschneiden, im Jahre 1855 ausführlich beschrieben; jene des südwestlichen Abhanges, welche für uns von Bedeutung sind, haben Bücking und Frantzen neuerdings untersucht und von einzelnen derselben geradezu monographische Darstellungen gegeben.[29]

Diese Arbeiten beziehen sich hauptsächlich auf die Strecke von dem ebenfalls durch eine Verwerfung abgegrenzten archäischen Kerne des Thüringerwaldes nördlich von Schmalkalden bis Meiningen herab. Die Verfasser gehen in dankenswerther Weise in die Einzelheiten der Bewegung jeder Scholle ein. Man kann bemerken, dass einzelne dieser Verwerfungen von Stauung oder Schleppung begleitet sind, andere dagegen nicht, und dass das staffelförmige Absinken, obwohl im Ganzen unzweifelhaft, doch unterbrochen wird durch einzelne Brüche, an welchen nicht der südliche, sondern der nördliche Theil abgesunken ist, durch Grabenbildungen, d. i. durch die Versenkung längerer Streifen zwischen zwei Brüchen. An der am genauesten von Bücking besprochenen Verwerfung zwischen Möckers und Benshausen ist in der nordwestlichen Hälfte der nördliche Theil gesenkt, mit einem Niveau-Unterschiede von 370—450 M., während gegen Südost eine ganz kurze Unterbrechung vorhanden ist, verbunden mit einem Querbruche, und in dem übrigen südöstlichen Theile die Südseite gesenkt ist.

Hier ist also mitten in dem Verlaufe des Bruches gleichsam eine neutrale Stelle vorhanden und zu beiden Seiten derselben die Bewegung im entgegengesetzten Sinne erfolgt; dies ist dieselbe Erscheinung, welche an der grossen Sevier-Linie in Utah erwähnt worden ist (S. 172), und derartige Vorkommnisse verrathen die Passivität der sinkenden Scholle.

Weiter gegen Süd gestalten sich die Verhältnisse einfacher; Gümbel hat gefunden, dass an dem Aussenrande des Neuwaldes und des Fichtelgebirges die mesozoischen Schichten stets aufgerichtet, stellenweise sogar überkippt sind, in geringer Entfernung

vom alten Gebirge jedoch eine flache Lagerung annehmen. Zugleich sind vier lange, dem Gebirgsrande beiläufig parallele Störungslinien sichtbar, welche in fast gleichen Zwischenräumen von je 8 Km. nebeneinander herlaufen, sich gegen Südost bis an den Westrand des fränkischen Juragebirges erkennen lassen und zum Theile sogar bis gegen die Thalung der Donau herabreichen.

Diese vier hauptsächlichen ‚Zerspaltungen‘ sind wohl von Verschiebung, Aufrichtung und Quetschung, aber nicht von Faltung begleitet. Gümbel hebt hervor, dass ihr Parallelismus unter einander und mit dem Gebirgsrande für die Identität der Ursache sprechen, und hat diese Brüche mit besonderen Namen belegt; sie sind auf dem letzterschienenen Blatte der geognostischen Karte von Baiern auf der Strecke von Coburg bis über Thurnau hinab verzeichnet.[30]

Nun verlassen wir den hercynischen Rand mit seinen südöstlich streichenden Störungen, reisen nordwärts über das Triasgebiet, treffen bei Kissingen eine Kreuzung von mächtigen Verwerfungen, welche nach Südost streichen, mit solchen, die gegen Südwest verlaufen,[31] und wenden uns dem Odenwalde zu.

Abermals zeigt sich hier, wie zu beiden Seiten der böhmischen Masse, ein den archäischen Kern umgebender Gürtel von steil abfallendem Rothliegend; die vereinzelten Schollen von Carbon, welche wir dort haben, sind aber hier bisher vergeblich gesucht worden. In dem anschliessenden mesozoischen Lande folgen auch ähnliche parallele Brüche. Benecke und Cohen haben erst jüngst eine Uebersicht derselben für die südlichen Umgebungen des Odenwaldes gegeben.[32]

Es sind nach diesen Angaben drei Systeme von Spalten hier zu unterscheiden, nämlich erstens Spalten, welche gegen Nordnordost verlaufen und in der Nähe des Rheinthales liegen, zweitens solche, die gegen Nordost streichen und dem Aussenrande des Odenwaldes entsprechen, und endlich eine untergeordnete Gruppe von gegen Nordwest gerichteten Spalten, welche die zweite Gruppe rechtwinklig kreuzt.

Die erste Gruppe hat die Einsenkung des Rheinthales veranlasst; sie verräth sich hauptsächlich an dem Ostrande der

Vogesen, des Hardtwaldes und wohl auch des Taunus, und an dem Westrande des Schwarzwaldes und des Odenwaldes; dies sind die Rheinspalten. Die zweite Gruppe entspricht der Umrahmung des grossen schwäbisch-fränkischen Senkungsfeldes, und die dritte betrachten wir als die Radialspalten desselben.

Südlich von Heidelberg, wo die archäischen Gesteine des Odenwaldes nicht mehr sichtbar sind und die Triasformation an den Rand des Rheinthales tritt, treffen die Odenwaldspalten, welche die zweite Gruppe bilden, auf die Rheinspalten, und hier liegt die schon im Jahre 1859 von Deffner und Fraas in allen wesentlichen Zügen richtig aufgefasste Juraversenkung von Langenbrücken.[33]

Knapp an dem Rande des Rheinthales wird nämlich an dieser Stelle eine Odenwaldspalte mit abgesunkenem Nordflügel von einer Rheinspalte geschnitten, und in dem spitzen Winkel, welchen beide Spalten bilden, ist, indem gegen den Durchschnittspunkt die Senkung zunimmt, eine vereinzelte keilförmige Scholle der Juraformation mitten im Triasgebiete vor der Zerstörung bewahrt geblieben, als eines der nicht seltenen Zeichen einer früheren grösseren Verbreitung dieser Schichten.

Sowie aber an der Versenkung von Langenbrücken der dem Odenwalde näherstehende, nämlich der nordwestliche Flügel der gesunkene ist, so ist es auch an der von Benecke und Cohen beschriebenen Hilsbacher Linie der Fall, und die genauer bekannten Verwerfungen der südöstlichen Abhänge des Odenwaldes zeigen daher im Gegensatze zu der grossen Mehrzahl der anderen Brüche des fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes den nördlichen Flügel in tieferer Lage.

Anders ist es im Schwarzwalde. Die schlagendsten und genauesten Beobachtungen hat hier Fraas an den Eisenbahnlinien gemacht. Die Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen, unweit von Stuttgart, nach Calw zeigt eine Niveaudifferenz der verschiedenen Abtheilungen der Triasformation von 350—450 M., welche nicht durch ursprüngliche Ablagerung herbeigeführt ist, sondern durch acht grössere und zahlreiche kleinere Verwerfungen, wobei immer der östliche Theil an dem westlichen, dem Schwarzwalde näher liegenden Theile, abgesunken ist, ohne dass jedoch nothwendiger

Weise die Neigung der Schichten gegen Ost gerichtet wäre. ‚Die heutige Oberflächenbildung des Landes,‘ sagt Fraas, ‚erscheint hienach als das Resultat treppenförmiger Einsenkungen der Schichten, welche zwischen dem Schwarzwalde und dem Neckar statthatten. In Folge der Einsenkungen brachen tausendfach die Schichtentafeln entzwei, einfach dahin sich neigend, wo ein Raum es gestattete.‘[34]

Senkrecht auf die Längenbrüche sind auch hier Querbrüche vorhanden. Es wird gezeigt, dass die Richtung beider vom Schwarzwalde gegen Stuttgart hin sich verändert, und zwar so, dass im eigentlichen Schwarzwaldgebiete die beiden Richtungen hor. 1 und 7, bei Stuttgart aber durch allmälige Wendung bereits hor. 3 und 9 sind, das heisst, dass die Richtung der langen Hauptbrüche im Schwarzwalde Nord — Süd ist, diese Richtung gegen Stuttgart hin sich in Nordost — Südwest verändert und gleichzeitig die Richtung der Querbrüche aus Ost — West in Nordwest — Südost übergeht.

Ebenso zeigt die Bahnlinie Rottweil-Villingen das Abfallen der Schichten in mindestens sieben Treppen; das jüngere Gebirge ist an dem älteren abgesunken, und es kann, nach den Worten desselben Beobachters, ‚von einer Anlagerung des schwäbischen Flötzgebirges an den Schwarzwald eigentlich keine Rede mehr sein.‘[35]

Dasselbe System von Brüchen zieht sich aber auch südwärts um den Schwarzwald; die Bohrungen auf Steinkohle haben ihr Vorhandensein bewiesen, und noch bei Zeiningen unweit Rheinfelden trifft eine aus Ostsüdost streichende Verwerfung eine andere, welche nach Südwest verläuft.[36] So ist auch der Tafeljura zerstückt und abgesunken, als würde der gefaltete Jura von Süden her über eine einbrechende Platte getreten sein (S. 150, Fig. 10).

Ringsum, am Schwarzwalde wie am Odenwalde und jenseits am Thüringer und am bairischen Walde, vollzieht sich die Abtrennung der mesozoischen Tafeln vom alten Gebirge in mehr oder minder dem Gebirgsrande parallelen Brüchen, welche häufig von Querbrüchen rechtwinkelig gekreuzt werden. Wendet man sich der Mitte des Gebietes zu, so trifft man auch hier auf zahl-

reiche und unzweideutige Zeichen des Einbruches. Es enthalten einzelne Hefte der ‚Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg' einen ganzen Schatz von ähnlichen Beobachtungen, als die erste Grundlage zur Entwerfung einer das ganze Senkungsfeld umfassenden Karte des Bruchnetzes, und Fraas hat erst kürzlich eine Uebersicht der wichtigsten Linien veröffentlicht.[37] Gerechtes Staunen und die vollste Anerkennung der Unbefangenheit des Urtheiles muss aber die Thatsache erwecken, dass schon vor mehr als zwanzig Jahren einer der Mitarbeiter an dieser Specialkarte, C. Deffner, im Gegensatze zu vielen hervorragenden Autoritäten nicht nur die Natur dieser Brüche und die Allgemeinheit der Einsenkung richtig erkannt, sondern auch für das zwischen solchen Brüchen eingesunkene Gebiet am mittleren Neckar südlich von Stuttgart eine Karte dieser Brüche angefertigt, peripherische und radiale Brüche mit diesen selben Ausdrücken unterschieden, die bogenförmige Krümmung der peripherischen Linien aus Nordsüd fast bis Westost nachgewiesen, ferner mit Bestimmtheit ausgesprochen hat, dass die jüngeren Eruptivgesteine, welche da und dort diese Brüche und Einsenkungen begleiten, nicht die Ursache, sondern die Folge der durch andere Ursachen hervorgerufenen Spaltungen der festen Erdrinde seien. Deffner hat sich in dieser bemerkenswerthen Schrift sogar schon die Frage gestellt, ob nicht ein Zusammenhang zwischen dieser ausgedehnten Einsenkung und der Entstehung der Alpen bestehe, ‚etwa in der Weise, dass eine Bewegung des flüssigen Erdkernes gegen die Hebungslinie der alpinen Centralkette hin ein Nachsinken der peripherischen Umgebung bis in eine gewisse Entfernung zur Folge haben müsste'.[38]

Der Parallelismus des Donaubruches mit dem Alpenrande wird auch von Fraas betont. ‚Zur selben Zeit,' sagt Fraas, ‚als die Falte der Alpen sich erhob, barst das Tafelland des Jura im gleichen Sinne.'[39]

Der Umriss des Senkungsfeldes ist nordwärts deutlich keilförmig und die peripherischen Brüche sind lang und gerade und schneiden sich nach den vorliegenden Angaben nordwärts in spitzen Winkeln; es scheint, dass sie gegen die Mitte hin sich mehr im Bogen vereinigen; ob sie endlich der Linie des Donaubruches

sich nähern, vermag ich nicht zu entscheiden. Nördlich vom Donaubruche aber tritt nun eine andere Form der Einsenkung auf, nämlich kesselförmige Einstürze. Der kleinste dieser Einstürze, wenn er überhaupt in diese Gruppe zu stellen ist, befindet sich bei Steinheim unweit Heidenheim; sein Durchmesser beträgt kaum 1 Km. und er ist mit tertiären Süsswasserbildungen angefüllt. Als typisch haben zu gelten: der Rieskessel, in welchem Nördlingen liegt, und der Kessel des Höhgaues.

D. Ries und Höhgau.

Von den Schriften, welche sich auf den Bau des Rieskessels beziehen, reicht es hin, jene von Deffner und Fraas für den württembergischen, jene Gümbel's für den bairischen Antheil zu nennen.[40]

Es bietet das Ries mancherlei Belehrung zu dem Verständnisse der Einbruchsfelder in den Alpen, und ich will daher etwas ausführlicher von demselben sprechen. Dass ich dies zu unternehmen vermag, danke ich meinem nie ermüdeten Freunde und Meister Oscar Fraas, welcher die Güte gehabt hat, mich an die wichtigsten Stellen zu führen und mir dieselben zu erläutern.

Von einer Höhe, etwa vom Scheitel des Ipf bei Bopfingen aus betrachtet, gleicht das Ries einem weiten, flachen Teller. Es ist eine kreisförmige Ebene von 12—15 Km. Durchmesser, welche mit geringem Gefälle ihren Abfluss südwärts durch eine Enge findet. Zwei niedrige Höhenzüge strecken sich von Süden her in etwas divergirenden Richtungen durch die kreisförmige Ebene; die westliche zieht über Nördlingen gegen den Wallerstein, die östliche über den Spitzberg zum Wenneberge.

Jeder dieser Höhenzüge besteht aus zwei verschiedenen Theilen, nämlich aus einer alten Unterlage und einer jüngeren Krönung. Die alte Unterlage ist zum grössten Theile zersetztes archäisches Gebirge, Granit oder ein flasriges Hornblendegestein, das wohl auch als Diorit bezeichnet worden ist. Da und dort sieht man aber auch zwischen diesen archäischen Trümmern eingekeilte Stücke von rothem oder blauem Keuperletten, von Unterlias, von Amaltheenthon oder einzelne Stufen des braunen Jura. Am Wenneberge tritt auch ein kleiner Gang von jungem Eruptivgestein

auf. Dies sind die sichtbaren Gipfel der versunkenen Schollen. deren Rest die Ebene bedeckt.

Die Krönung der Höhenzüge ist aus tertiären Süsswasserablagerungen gebildet, bald aus einer Schale von Littorinellenkalk, bald aus einer Breccie. welche durch Süsswasserkalk gebunden ist, in den bezeichnendsten Fällen aber aus grossschaligen Sinterbildungen, welche von gasreichen Quellen inmitten des tertiären Sees aufgebaut wurden. Aus solchen Quellenbildungen besteht insbesondere der steile und auffallende Wallerstein, welcher, einem breiten Granitrücken aufgesetzt, heute nur mehr ein Bruchstück eines einst viel grösseren, glockenförmigen Aufbaues zeigt, und welcher mit seinen Genossen am Spitzberge u. A. den glockenförmigen Gebilden nicht wenig gleichen mochte, welchen heute Pyramid-Lake im westlichen Nevada den Namen verdankt.[11]

In diesen Quellenbildungen nun hat Fraas einen unerwarteten Reichthum an organischen Resten, Knochen, Federn und Eier von Vögeln und Bruchstücke kleiner Säugethiere entdeckt und durch sie den Nachweis geboten, dass diese Quellgebilde die Nistplätze zahlreicher Pelikane und Enten mitten in dem tertiären See gewesen seien.

Die Schollen des gesunkenen Gebirges ausserhalb dieser Höhenzüge sind, wie wir eben sagten, von der Ebene bedeckt. Da und dort lagert noch etwas vulcanischer Tuff an; Braunkohleführendes Tertiärland und Lehm bilden den Boden der Ebene selbst; sie sind stellenweise mit 200 Fuss nicht durchsunken worden.

Nähern wir uns nun dem äusseren Rande der Ebene, so ergibt sich eine grosse Schwierigkeit in der tektonischen Umgrenzung des Einsturzes. Rings um den Rand des Kessels ist alles Gebirge bis auf eine nicht geringe Entfernung von demselben verstürzt und zerbrochen. Weithin ist ferner der Rand des Ries mit Travertinbildungen oder mit einer Breccie von tertiärem Alter überklebt. Bald kommt unter diesem Granit hervor, bald ragen längs dem Rande gereihte Riffe von weissem Jura auf, in steiler Schichtstellung, verstürzt und nicht selten durch den Druck so vollständig zertrümmert, dass ein leichter Schlag genügt, um den Kalkstein in zahlreiche eckige Stückchen auseinanderfallen zu lassen.

In vereinzelten Gräben zwischen diesem zerrütteten Randgebirge und ausserhalb der Ebene des Ries stehen die merkwürdigsten Eruptionsstellen dieser Gegend. Ich habe jene am Heerhofe südlich von Kirchheim und an der alten Bürg (Dombruch) westlich von Edernheim kennen gelernt.

Am Heerhofe sieht man zwischen jurassischen Bergen einen breiten und gerundeten Bühl, welcher aus grobgeschichteten Massen von Asche und Auswürflingen besteht. Die etwas abweichende Fallrichtung in zwei benachbarten Brüchen deutet wohl die Ausbruchsstelle an. Man sieht weder Gänge noch Ergüsse, aber in der Asche liegen zahlreiche Schlackenfetzen von ohrförmiger oder spiral eingerollter Gestalt, zuweilen kometenartig nach rückwärts zu einem langen Schwanze ausgezogen, einstens rotirende Tropfen, im Niederfallen flachgedrückt und so erstarrt. Sie lassen über die unmittelbare Nähe des Schlotes keinen Zweifel.

An der alten Bürg gibt es ähnliche Boliden; viele Stücke von archäischem Gebirge liegen in der Asche, und ein grosser Block von jurassischer Breccie ist in dieselbe eingesunken.

Schon vor Jahren folgerte Gümbel aus dem Vorkommen einzelner Bomben im Ries, dass wahre Eruptionsstellen innerhalb dieses Gebietes vorhanden seien. Gerade der Mangel an Gängen und Ergüssen an diesen Stellen erinnert an die wechselnden Ausbruchsstellen der phlegräischen Felder, an M. Nuovo und ähnliche Berge, welche, durch einen einzigen Ausbruch gebildet, nicht bleibend zu Ausbruchsstellen geworden sind. —

Die Frage, ob der Rieskessel als ein selbständiger kesselförmiger Einbruch der Erdrinde anzusehen sei, wofür der kreisförmige Umriss der Ebene spricht, oder ob das Absinken zwischen langen geradlinigen Brüchen stattgefunden habe, welche über die Gegend des Ries hinausreichen, ist nur schwer zu entscheiden. Durch Deffner und Fraas wurde in dem zertrümmerten Randgebirge des Ries eine Anzahl geradliniger Brüche erkannt und mit Namen wie die Sigart-Hürnheimer Axe, die Zipplinger Axe u. A. belegt, und wurde ferner in diesem Gebiete eine Anzahl kleiner, abgetrennter ‚Umwälzungssporaden‘ ausgeschieden, unter welchen das kleine Einbruchsfeld von Herdtfeldhausen das merkwürdigste ist.

Die bedeutendste selbständige Bruchlinie ist jedenfalls die Linie Sigart-Hürnheim, auch die Utzmemminger Linie genannt, welche von Nordwest gegen Südost streicht, als Tangente dem südwestlichen Theile des Riesgebietes sich nähert und von kleinen Parallelbrüchen begleitet ist. An dem südwestlichen Rande des Ries kann man sogar einen vom unteren braunen Jura bis in den weissen Jura reichenden Schichtencomplex sehen, welcher, viermal durch Verwerfungen gekreuzt und eben so oft sich wiederholend, mit seiner ganzen Mächtigkeit vom Rieskessel ab- und südsüdwestlich gegen die Utzmemminger Bruchlinie geneigt ist.

Diese und ähnliche Umstände, insbesondere die geringen Dimensionen, bis zu welchen die Einbruchsstellen, z. B. bei Herdtfeldhausen, herabsinken können, der kreisförmige Umriss des kleinen Einbruches von Steinheim, die weitgehende Zerbröckelung des Jurakalkes am Rande des Ries, dann die Angaben von dem Vorkommen anderer ausgedehnter, doch in verticalem Sinne minder ausgeprägter Senkungsfelder in der Nähe des Ries, wie bei Neresheim, dann zwischen Ellenberg und Bopfingen, endlich in Begleitung vulcanischer Vorkommnisse bei Urach, haben in mir den Eindruck zurückgelassen, dass dreieckige oder trapezoidale Schollen durch die Verschneidung mehrerer Brüche umgrenzt werden, und dass bei dem Vorschreiten des Einsinkens durch das Abdrücken der Ecken das Dreieck zum Sechseck, das Viereck zum Achtecke wird, bis durch die mehr oder minder regelmässige Vermehrung der Seiten des Polygons in staffelförmigen Brüchen der kreisförmige Umriss des inneren Senkungsfeldes erreicht wird, welcher nun von einem Saume zertrümmerten Gebirges umgeben ist.

Auf diesem Wege mögen hier, getrennt von einander, grosse und kleine, tiefe oder minder tiefe, von vulcanischen Ausbrüchen begleitete oder nicht begleitete Einbrüche entstanden sein. Den Einbrüchen ist aber, wie in so vielen Senkungsgebieten, ein anderer Vorgang, und zwar, wie es scheint, hier erst viel später, nachgefolgt, nämlich die Ueberschiebung einzelner Gebirgsstücke über andere. Fraas hat eine solche Ueberschiebung auf einer geschliffenen und gestriemten Oberfläche von weissem Jura γ bei dem Tunnel von Lauchheim westlich vom Ries nachgewiesen, und

später hat Deffner die Ueberschiebung einer grossen Masse von braunem und etwas weissem Jura noch näher am Ries, nämlich am Buchberge bei Bopfingen, auf das Genaueste festgestellt. Die geschliffene Ueberschiebungsfläche gehört auch hier dem weissen Jura γ an; die Richtung der Bewegung war Ostnordost—Westsüdwest, und es wurde ermittelt, dass die scheuernden Quarzkörner auf dieser Fläche nicht aus dem überschobenen braunen Jura stammen, sondern aus einer Sandablagerung, welche wahrscheinlich jünger ist als die Tertiärformation. —

Entfernt vom Ries, nahe dem südwestlichen Ende der schwäbischen Alb, schon im Angesichte der Hochgebirge der Schweiz, befindet sich das Einbruchsfeld des Höhgaues. Grosse vulcanische Massen erheben sich in seinem Innern, und die Aschenkegel dieser Vulcane haben vielleicht einmal die ganze Fläche des Einbruchsfeldes eingenommen. Der Umriss nähert sich mehr einem Vierecke als einem Kreise, und die grösste Dimension beträgt etwa 18 Km. Das Einbruchsfeld ist nicht geschlossen, sondern südwärts gegen den Bodensee offen. Flaches Torfland begrenzt scharf gegen innen auf längere Strecken den Bruchrand. In der Mitte der Senkung ragt zunächst eine breite Gruppe vielfach miteinander verbundener Hügel von Süsswassermolasse, vulcanischem Tuff und erratischem Haufwerke empor, und aus diesem erheben sich die vulcanischen Zacken.[42]

Die westlichen Ausbrüche, zu welchen der Hohenstoffel gehört, sind basaltisch, die östlichen Berge, der Hohentwiel, Hohenkrähen und Mägdeberg, bestehen aus Phonolith. Fraas hat die Meinung ausgesprochen, dass so steile Massen wie der Twiel in der Asche selbst erstarrt seien; in der That sieht man an demselben, und insbesondere an seiner Westseite, beträchtliche Theile der alten Aschenhülle, und die scharfe Erhaltung des Umrisses der zartesten sechseckigen Glimmerplättchen zeigt, dass diese Asche seit ihrer Aufschüttung nicht umgewaschen worden ist.

Die Rundsicht vom Hohentwiel erachte ich für eines der lehrreichsten Bilder, welche mir jemals in Bezug auf das Verhalten verschiedener Gebirgssysteme zu einander vor das Auge getreten sind. Nach drei Seiten umgibt den Berg der Einbruch des Juragebirges, und nur seine dazwischentretenden vulcanischen Be-

gleiter hindern den Ueberblick des Bruchrandes. Südwärts zieht sich flaches Land weit hinaus, und am Ufer des Untersees erkennt man die Hügel der Süsswassermolasse von Oeningen, in welche die Einstreuungen der Höhgau-Asche erfolgt sind während des Daseins jener reichen Flora, die uns durch Heer's Bemühungen so deutlich bekannt geworden ist. Und jenseits vom Untersee, hinter dem dunklen Umrisse der Stadt Constanz und der spiegelnden Fläche des Bodensees thürmen sich die gewaltigen Luftsättel des Säntis, wie eine überwältigend vortretende Brandung der Erdmasse selbst.

E. Die Horste.

Wir steigen über den Schwarzwald ins Rheinthal. Dort hat schon vor vielen Jahren Élie de Beaumont das Vorhandensein zahlreicher Verwerfungen nachgewiesen, welche ziemlich parallel gegen Nordnordost streichen und die beiden dem Rhein zugekehrten Abhänge des Schwarzwaldes und der Vogesen in Streifen zerlegen. Nach Beaumont's Ansicht erfolgte zuerst eine Aufwölbung des ganzen Landes, welche beide Gebirge, Vogesen und Schwarzwald, umfasste, und hierauf ein beiderseits treppenförmiger Absturz ins heutige Rheinthal. Der Umstand, dass auf den höheren Theilen der Vogesen nur Vogesensandstein zu finden ist, der bunte Sandstein dagegen erst in den tieferen Treppen sichtbar wird, und die durch geneigte Lage der abgesunkenen Streifen herbeigeführte scheinbare Discordanz des bunten Sandsteins gegen den höher liegenden Vogesensandstein veranlassten ihn zu der Meinung, dass der Vogesensandstein trocken gelegt worden sei, und dass der bunte Sandstein sich an dem Fusse des Gebirges abgelagert habe.[43]

Diesen Irrthum hat zuerst Bleicher im Jahre 1870 berichtigt. Dass der Vogesensandstein nur selten vom bunten Sandstein bedeckt werde, schreibt Bleicher lediglich der weitgehenden Abschwemmung der jüngeren Schichten zu und spricht mit Bestimmtheit aus, dass der Vogesensandstein einstens nicht nur vom bunten Sandstein, sondern von der ganzen Trias- und Juraformation bedeckt gewesen sei, welche von Lothringen her über dieses ganze Gebiet sich bis nach Württemberg erstreckte.[44]

Eine lebhafte Discussion hat sich noch in den letzten Jahren über Beaumont's Ansichten erhoben; die Discordanz zwischen Vogesensandstein und buntem Sandstein hat noch bis in die neueste Zeit, namentlich in Baden Vertheidiger gefunden, aber ich meine, dass nach Benecke's Darstellung der Sachlage diese Frage als gegen Beaumont entschieden anzusehen ist.[45] Dabei bleibt dem grossen französischen Forscher ungeschmälert das Verdienst, die Lage der wichtigsten Bruchlinien und die Hauptzüge des eigenthümlichen Baues des Rheinthales zuerst richtig erkannt zu haben.

Kreuzen wir nun die Vogesen, so finden wir nicht nur an ihrem Westabhange, sondern weithin um viele Theile des französischen Centralplateaus, sowie insbesondere um sein nordöstliches Vorgebirge, den Morvan, in grosser Anzahl ähnliche Verwerfungen, wie sie soeben aus Baiern und Württemberg beschrieben worden sind. Die neuere französische Literatur enthält viele Beweise hiefür. Es kann demnach kein Zweifel darüber herrschen, dass ringsum die genannten Gebirge, an den Rändern des bairischen und Thüringerwaldes, um den Schwarzwald und die Vogesen, um den Odenwald und weithin gegen West um einen grossen Theil des französischen Centralplateaus, die Tafeln mesozoischer Schichten eingesunken sind, und dass aus dieser allgemeinen Einsenkung die genannten Gebirge als Horste hervorragen, selbst nur Stücke alter, gefalteter Gebirge, deren Streichen gar häufig mit ihrem Umrisse nicht übereinstimmt, und deren archäisches Gestein nur durch Abwaschung sichtbar geworden ist. Man wird sich vorstellen dürfen, dass vom Centralplateau bis an den Böhmerwald eine gemeinschaftliche und zusammenhängende Unterlage von paläozoischen und archäischen Bildungen bestand, auf welche die Schichten der Trias- und Jurameere abgelagert wurden, deren Ufer uns heute nirgends in diesem weiten Gebiete erhalten sind. Wir wissen nicht, ob dieselben einen grösseren oder nur einen geringeren Theil der beiden grösseren Plateaux, nämlich des böhmischen und des französischen, bedeckt haben, doch kann zwischen diesen beiden grossen Massen eine sehr beträchtliche Unterbrechung des Meeres nicht als erwiesen angesehen werden. Diese gemeinschaftliche Unterlage nun mit allen meso-

zoischen Schichten ist zur Tiefe gegangen, und die Horste, welche zwischen den einzelnen Senkungsfeldern stehen blieben, verdanken ihre heutige Höhe nicht eigener Erhebung, sondern diesem allgemeinen Absinken der Umgebung. Man müsste auf Vogesen, Schwarzwald und ihre nördlichen Fortsetzungen die ganze Mächtigkeit der Trias und des Jura aufthürmen, um das wahre Maass der Bewegungen der Erdrinde nach abwärts und der seither eingetretenen Abwaschung zu versinnlichen.

Es kann auch keinem Zweifel unterliegen, dass die ganze böhmische Masse einer weitgehenden Denudation unterworfen war vor Ablagerung der carbonischen Flötze; es ist eine zweite Denudation eingetreten vor der Ablagerung des Rothliegenden; es ist der Cenomanstufe wieder eine sehr ausgedehnte Entblössung und Abrasion vorangegangen. Aehnlich verhält es sich auf dem französischen Centralplateau und auch auf jener ausgebreiteten Scholle, welche einen grossen Theil der iberischen Halbinsel einnimmt und welcher bald unter dem Namen der iberischen Meseta zu besprechen sein wird. Es fehlt noch jeder Ueberblick über den zeitlichen Zusammenhang dieser Vorgänge. Dagegen treten die ersten Linien des räumlichen Zusammenhanges hervor. Schon sucht man in den Kohlenflötzen von Rochebrune, am Südrande der Vogesen, die Fortsetzung der Flötze des Morvan. Indem die mesozoischen Tafeln zur Tiefe gehen, enthüllt sich auf den Horsten ein älteres Europa.

Die Vorstellung, dass die Ränder dieser Horste als Uferränder der mesozoischen Zeit anzusehen seien, ist ganz unhaltbar; schon die Verbreitung einzelner hervorragender Glieder, wie des Muschelkalkes, welcher die Rheingebirge rings umgibt, um innerhalb der Niederung von Paris zu enden, zeigt dies recht deutlich. Aber ebenso irrig wäre die Meinung, dass allenthalben einheitlich fortlaufende peripherische Randklüfte diese Massen abgrenzen. Sprünge verschiedener Art, in vielen Fällen wahre Radialsprünge, setzen aus den gesunkenen mesozoischen Schollen in die alten Gneiss- oder Granitmassen fort und sind dort in der Regel durch Quarz- oder Schwerspathgänge bezeichnet.

Die Umrisse der Horste selbst werden durch solche Sprünge beeinflusst. Die Art und Weise, in welcher nach Grebe's Auf-

nahmen die mesozoischen Tafeln an einem Netze theils nordöstlich und theils nordnordöstlich streichender Brüche zu beiden Seiten vom Hochwalde bei Trier absinken und hiedurch den Hochwald wie einen Sporn in das Senkungsfeld von Paris ragen lassen, ist ein treffliches Beispiel, um zu zeigen, wie schwer es ist, eine bestimmte Regel für die Art der Umgrenzung der Senkungsfelder aufzustellen.[46]

Die Brüche, welche den nördlichen und westlichen Morvan nach M. Lévy und Vélain ‚in Tangenten' umgeben und das geschichtete Gebirge treppenförmig abfallen lassen, sind zuweilen von Quarzgängen begleitet, wohl auch von Gängen von rothem Hornstein, Flussspath und Baryt. Auf der Höhe des Morvan liegen in den Verwerfungen Bruchstücke des Lias.[47]

Ueberhaupt zeigen sich in dem Randgebiete des französischen Centralplateaus die Merkmale der Senkung und Denudation noch viel deutlicher als in Süddeutschland.[48]

In den Vogesen hat schon Beaumont den Zusammenhang der Verwerfungen, der Erzgänge und der mächtigen, zuweilen mehrere hundert Fuss über die Umgegend aufragenden Quarzmauern anerkannt und ausführlich besprochen.[49] Neben den in der Richtung der Rheinspalten streichenden Gängen im Granit mag hier nur im Südosten des grossen O. 35° N. laufenden Quarzganges von Val d'Ajol gedacht sein, in dessen Nähe die Thermen von Plombières liegen.

Der Quellstollen selbst durchschneidet Gänge, welche Quarz, Flussspath, Schwerspath und Kiese führen, und die Quellen haben bekanntlich nach Daubrée's meisterhaften Untersuchungen in dem römischen Mauerwerke Flussspath gebildet.[50]

An dem Westrande des grossen fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes fehlt es nicht an ähnlichen Gängen; sie haben hier vorherrschend die Richtung von Radialsprüngen.

Es mag zuerst der von Benecke und Cohen beschriebene Schriesheimer Schwerspathgang genannt sein, welcher ostsüdöstlich streicht.[51]

Auf den breiten Streifen von Buntsandstein, welcher südlich von Pforzheim ins Rheinthal hinübersetzt, befinden sich zahlreiche südöstlich streichende Gänge, und weiter gegen Süd folgen mit

gleichem Streichen die Gänge von Neu-Bulach; ihre Ausfüllung ist vorherrschend barytisch, und sie finden ihre weitere Fortsetzung in Brüchen der Triasformation, namentlich in der von Bach beschriebenen Hochsträss-Verwerfung,[52] welche gleichfalls südöstlich streicht und sie mit dem Bruchnetze der schwäbischen Trias verbindet.

Noch auffallender ist diese Verbindung etwas weiter im Süden.

Bei Freudenstadt, auf württembergischem Gebiete, sinkt nämlich, wie Paulus gezeigt hat, zwischen zwei parallelen und etwa 8 Km. von einander entfernten Verwerfungen, welche gegen Südost verlaufen, eine beträchtliche Scholle von Muschelkalk in den bunten Sandstein ein. Hier befinden wir uns bereits ganz in dem Gebiete von Deffner's Radialspalten. Beide Verwerfungen sind durch Spalten bezeichnet, welche auf grosse Strecken hin von Schwerspathgängen ausgefüllt sind, welche in der Tiefe in Quarzgänge übergehen und Kupfer und etwas Bleiglanz führen. Zwischen beiden Hauptgängen erscheint noch eine Gruppe kleinerer, ebenfalls paralleler Schwerspathgänge.[53]

Diese Gänge, welche, wie gesagt, in Einbruchslinien der schwäbischen Trias liegen, sind aber nur ein Theil einer ausgedehnten Gruppe von Gängen, welche über Rippoldsau und Wittichen im Kinzigthale ihre grösste Entwicklung finden, und sie zeigen, dass die Klüfte, an welchen die Trias verworfen wurde, weit in den archäischen Kern des Schwarzwaldes hineinreichen. Diesen Zusammenhang haben alle Beobachter anerkannt, insbesondere auch F. Sandberger, welcher die Gänge des Kinzigthales auf das Genaueste untersucht hat.[54] —

An den Gehängen des bairischen Waldes sind die Verhältnisse viel grössere und es treten bemerkenswerthe Abänderungen ein. Um aber die Structur dieses Gebirgsrandes deutlicher darstellen zu können, will ich einige Worte über ein ähnliches Gebiet, das nördliche Schottland, vorausschicken.

Archäische und silurische Gesteine und alter rother Sandstein setzen, vielfach in parallele Falten gelegt, dieses rauhe Gebirgsland zusammen. Wohl kannte man seit langer Zeit kleine vereinzelte Schollen von jurassischen Ablagerungen, wie das kohlen-

führende Fragment von Brora, aber erst in neuerer Zeit wurde durch Judd gezeigt, dass dieses ganze Land mit der heute so vielgestaltigen Oberfläche vor Zeiten mit einer Decke von Trias- und Juraschichten und von Ablagerungen der mittleren und oberen Kreide bedeckt war. Die geringen Reste dieser Decken sind theils, und zwar namentlich im Westen, unter Bruchstücken tertiärer Lavaergüsse und theils durch gewaltige Verwerfungen bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben. Solche Verwerfungen nehmen einen bestimmenden Einfluss auf den Verlauf der Küsten von Sutherland und Ross. An diesen Bruchlinien ist das Land herabgesunken unter den Dornoch Firth und Moray Firth. Ein schmaler und sehr unterbrochener Saum von Trias- und Jurabildungen ist unter den Verwerfungen knapp am Rande des Meeres sichtbar. In Sutherland wird auf eine Strecke hin die Verwerfung staffelförmig, und ein Saum von Mitteldevon erscheint auf der höheren Stufe, oberer Oolith auf der tieferen. Ueber diesen Stufen steht Granit zu Tage. Alles höhere Land bildet Untersilur und alter rother Sandstein, während unter dem wenig tiefen Meere vielleicht auf weite Strecken hin die mesozoischen Ablagerungen noch erhalten sind. Der Bruch, welcher Moray Firth gegen West begrenzt, ist aber wahrscheinlich die Fortsetzung jener grossen Störung, welche am caledonischen Kanale das ganze Land von Meer zu Meer durchquert.[55]

Auch hier erscheint die Masse des alten Gebirges als ein Horst; an seinen zackigen Rändern, in tieferem Niveau liegen die mesozoischen Ablagerungen.

Auch am Fusse der Vogesen kann man in kleinerem Massstabe einen zackenförmigen Umriss wahrnehmen, erzeugt durch das Herantreten der langen einzelnen Rheinbrüche an die Sohle des Flussthales. Würde aber heute das östliche Baiern und namentlich das Flussgebiet der Naab vom Meere bedeckt, so würde das böhmische Festland gegen West einen Umriss zeigen, welcher in den Hauptzügen jenem des nordöstlichen Schottland gleichen würde. Die Buchten von Weiden und Schwandorf würden dem Dornoch und Moray Firth entsprechen, und sowie der grosse Bruch des caledonischen Kanals an der Westseite des Moray Firth sich kennbar macht bis in die Nähe von Tarbet Ness, würde

man die Fortsetzung eines viele Meilen langen Bruches, der Linie des Pfahls, aus dem archäischen Gebirge hervortreten und die Nordgrenze des Busens von Schwandorf bilden sehen bis in die Nähe von Amberg.

Dieses archäische Gebirge ist, wie wir aus den umfangreichen und mühsamen Untersuchungen Gümbel's wissen, im Norden, namentlich im Fichtelgebirge, gefaltet, und die Falten streichen gegen Nordost, so dass dieser Theil eine Fortsetzung des Erzgebirges bildet. Im Süden dagegen herrscht ein gleichförmiges Fallen der Schichten gegen Nordost, so dass die ältesten Gebirgsglieder an der Donau und an dem Bruche östlich von Amberg sichtbar werden. In diesem Gebirgslande nun erscheinen mehrere riesige Quarzzüge, welche ich als die grössten Denkmale linearer Dislocation ansehe, die überhaupt in unserem Welttheile bekannt sind.

Drei dieser Züge sind von besonderer Bedeutung:

Den ersten haben Reuss und Jokely beschrieben. Er beginnt in dem nordwestlichsten Theile von Böhmen, nordwestlich von Asch, zieht sich gegen Südost quer durch den Glimmerschiefer, den Gneiss und den Granit des Erzgebirges, also quer durch die wichtigsten Gesteinszonen der Kette, dann quer durch den schmalen Gneisszug, welcher bei Seeberg den Südfuss des Erzgebirges begleitet, verschwindet unter der tertiären Decke der kleinen Niederung von Franzensbad und Eger, taucht jenseits derselben im Granitgebirge von Sandau sofort wieder hervor und erstreckt sich in demselben bis südlich von Königswart. Die Entfernung der Endpunkte beträgt beiläufig 40 Km.[56]

Dieser Quarzzug, welcher durch die Art, in welcher er das Erzgebirge kreuzt, sich auf eine ganz unzweifelhafte Weise als ein Gang zu erkennen gibt, hat zwar nicht einen streng linearen Verlauf, entfernt sich jedoch so wenig von der geraden Richtung, dass die Zusammengehörigkeit der beiden durch das Tertiärland getrennten Theile leicht erkennbar ist. An seinem südlichen Ende ist, wie Hochstetter in seinen Studien aus dem Böhmerwalde gezeigt hat, eine nachträgliche Störung in dem Baue des Gebirges erkennbar. An dieses Ende des ersten Quarzzuges schliessen sich gegen Südwest kleinere Gänge oder Trümmer, und noch etwas

weiter gegen Südwest, als wäre eine Verschiebung eingetreten, tritt bei Hals nordwestlich von Tachau der Anfang des zweiten grossen Quarzzuges hervor, welchen Hochstetter zuerst verfolgt und den böhmischen Pfahl genannt hat.[57]

Dieser Zug, dessen ursprünglicher Zusammenhang mit dem Zuge von Asch höchst wahrscheinlich ist, verläuft im Allgemeinen gegen Südsüdost. Anfangs beschreibt derselbe eine merkliche Krümmung gegen Ost, dann kehrt er in die gerade Richtung zurück und tritt in der Nähe von Fürth über die bairische Grenze; noch am westlichen Abhange des Hohen Bogen sieht man einige abgetrennte kleinere Gänge, die das südliche Ende bezeichnen.[58]

Die Entfernung der Endpunkte dieses Zuges beträgt beiläufig 55 Km. Die Mächtigkeit ist an einzelnen Stellen 30 M., an anderen scheint sie auf 70—100 M. zu steigen. Der Quarz bezeichnet auf eine sehr lange Strecke scharf die Grenze zwischen Gneiss und Hornblendegestein; dieser Umstand und seine sehr beträchtliche Mächtigkeit mögen die Veranlassung sein, dass er zuerst als ein Lager aufgefasst wurde; aber abgesehen davon, dass an einzelnen Punkten, wo das Hornblendegestein eine Ausbuchtung bildet, der Quarz dieser Ausbuchtung nicht folgt, sondern dieselbe in gerader Linie durchschneidet, weicht er gegen Süd von dieser Grenze ab und tritt ganz in die Hornblendegesteine über. Es ist derselbe also wirklich ein Gang, gerade so wie der nördliche Zug, welcher das Erzgebirge durchschneidet, und der Umstand, dass er weithin die Grenze zweier Felsarten bezeichnet, verräth nur das ausserordentliche Ausmass der eingetretenen Dislocation und der Abwaschung.

Der dritte Quarzzug, der Pfahl, Vallum, ist von allen der beträchtlichste. Einen Theil desselben hat Wineberger verzeichnet; eine eingehende Darstellung verdanken wir den Arbeiten Gümbel's.[59]

Der Pfahl, oder wie wir ihn zur Unterscheidung vom böhmischen Pfahl nennen wollen, der grosse Pfahl, weicht weniger von der geraden Linie ab als die anderen Züge. Seine Richtung ist N. 58° W., seine Mächtigkeit eine wechselnde; in dem grössten Theile wenigstens seiner nördlichen Hälfte dürfte sie 70 bis 115 M. im Durchschnitte betragen. Der Pfahl beginnt am Kolm-

berge südöstlich von Amberg, bezeichnet von hier an gegen Südost auf eine Strecke von etwa 44 Km. die Grenze des Granits gegen Trias und braunen Jura, tritt dann westlich von Cham ganz in das archäische Gebiet ein und verfolgt unbeirrt seine gerade südöstliche Richtung über Viechtach, Grafenau und Freyung bis an die österreichische Grenze. Die gesammte Länge vom Kolmberge bis dahin beläuft sich auf etwas mehr als 150 Km. Die Vertheilung der Gesteine auf oberösterreichischem Gebiete und der vollkommen übereinstimmende Lauf des oberen Mühlthales machen es aber wahrscheinlich, dass die Dislocation noch weiter gegen Südost reiche. Gegen Nordwest erstreckt sich weit über Amberg hinaus in der fortgesetzten Richtung des grossen Pfahls eine Störung der mesozoischen Schichten, begleitet von einem Gange von Eisenerz, den Gümbel dem tiefsten Horizonte der Kreideablagerungen dieser Gegend zuzählt.

Auch der Pfahl wurde als ein Lager aufgefasst. Es hat jedoch Gümbel selbst die gewichtigen Bedenken aufgezählt, welche dieser Auffassung entgegenstehen, vor Allem seine ausserordentlich lange, gerade Erstreckung, welche, es darf wohl gesagt werden, gar kein normales Schichtgebilde, am wenigsten in archäischen Gebirgen, an irgend einer Stelle Europa's zeigt, und die Wiederholung gewisser vorherrschender Streichungsrichtungen nördlich und südlich vom Pfahl, welche denselben nicht ablenken.[60] Bedenkt man ausserdem, dass gegen Nordwest eine Dislocation sichtlich die Richtung des Pfahl's fortsetzt, dass ihm zwischen Kotzing und Bodenmais in 8—8½ Km. Entfernung ein Parallelzug folgt, dass der südliche Bruchrand des Gebirges an der Donau ihm ebenfalls nahezu parallel ist, und dass heute wohl Niemand daran zweifelt, dass die grossen böhmischen Quarzzüge Gänge seien, so muss man auch den grossen Pfahl als die Ausfüllung einer grossen Dislocationskluft anerkennen.

Es sind viele untergeordnete Quarzzüge neben den grossen Linien vorhanden, so im Granit von Tirschenreuth. Es treten auch hier barytische Bleigänge innerhalb des Gebietes der mesozoischen Brüche auf.

Das schräge Hervortreten grosser Brüche aus der archäischen Masse bleibt bezeichnend für den bairischen Bruchrand und

veranlasst die grossen Zacken des Umrisses, welche an die schottische Ostküste erinnern. Hierin besteht völlige Verschiedenheit von dem einheitlichen östlichen Rande der böhmischen Masse, welcher, wie wir bereits sahen, als die Fortsetzung des Bruches, welcher die Sudeten abtrennt, einen geschlossenen Abhang von Brünn bis an die Donau bildet.

F. Sudetische Spuren.

An dem Gebirgsrande längs der Donau, unterhalb von Regensburg, treten nun sehr bemerkenswerthe Erscheinungen auf. Das Rothliegende, welches wir als den Begleiter des Gebirgsrandes kennen gelernt haben, erscheint zum letzten Male bei Donaustauf. Dann kennt man es nicht mehr um den ganzen Südrand der böhmischen Masse herum, bis es wieder an dem östlichen Bruchrande bei Zöbing nördlich von Krems sichtbar wird. Der Gneiss beginnt die Donau zu überschreiten und versinkt in der Gegend südlich von Engelhardtszell in Oberösterreich sehr allmälig unter der tertiären Bedeckung.

Schon weit von Nordwest her erkennt man in Franken, wie einzelne Glieder der Trias und des Lias an Mächtigkeit abnehmen und verschwinden. Jenseits von Regensburg aber, der Donau entlang gegen Passau, sieht man, was sonst in dem ganzen Gebiete nicht gesehen wird, einzelne Schollen des oberen Jura sich unmittelbar an die äusseren, der grossen Ebene zugekehrten Gehänge des archäischen Gebirges legen, so namentlich in der Nähe von Straubing, von Hofkirchen und in grösserer Ausdehnung, allerdings nur durch unterbrochene Entblössungen unter dem Tertiärlande bekannt, südlich von der Donau bei Ortenburg und noch näher an Passau. Mittlere und obere Kreide begleiten den Jura auf dieser Strecke.

Betrachten wir zuerst die Lagerung. Am unteren Laufe des Regen schliesst sich Jura, etwas Lias und Keuper in steiler Stellung an den Granit, südlich von Regenstauf sind die Schichten überworfen und fallen unter den Granit. Die letzte mit der Hauptmasse des fränkischen Jura noch in unmittelbarer Verbindung stehende Scholle erreicht, steil an Granit gelehnt, zwischen Regens-

burg und der Walhalla die Donau. Der Umriss des Granitgebirges bildet fast einen rechten Winkel. Bei Donaustauf erscheint zum letzten Male das Rothliegende.

Die vereinzelten Stücke der Juraformation, welche bei Straubing noch von Keuper begleitet sind, haben grosse Störungen erfahren; bei Voglarn unweit von Ortenburg ist sogar, wie bereits gesagt worden ist, eine synklinale, nach abwärts gerichtete Falte vorhanden, deren Mitte aus Gneiss besteht, während die beiden Flügel aus überworfenen Juraschichten gebildet sind, und unter diese Juraschichten taucht noch die Kreide hinab, welche auch an dieser ausserordentlichen Bewegung theilgenommen hat. (S. 182).[61]

Zugleich tritt, je mehr man sich von Regensburg entfernt, eine um so grössere Veränderung in der Zusammensetzung der jurassischen Ablagerungen ein; der Lias verschwindet; mittlerer und oberer brauner Jura vereinigen in einer Bank sonst getrennte Formen, wie bei Krakau, und eine Anzahl von Arten, welche mit dem braunen Jura Krakau's gemein sind, zeigt sich. Ebenso auffallend ist die Veränderung des weissen Jura; was F. Roemer und Neumayr vor längerer Zeit vermutheten, kann nach den letzten Arbeiten von Ammon und Uhlig als erwiesen gelten, nämlich die Uebereinstimmung der Jurabildungen von Passau mit den vereinzelten Vorkommnissen von Brünn und mit den Jurabildungen des Gebietes von Krakau und der einstige Zusammenhang dieser Ablagerungen.[62]

Bei Passau endet diese an das alte Gebirge gelehnte Zone von Jura und Kreide, aber weit gegen Südsüdwest, gerade dort, wo eine von Passau gegen Salzburg gezogene Linie den äussersten Saum der Alpen durchschneiden würde, zeigen sich an dem Trumsee bei Mattsee fremdartige Vorkommnisse. Nummulitenreicher Grünsandstein, die Fortsetzung der Ablagerungen des Kressenberges, bildet hier den vordersten Saum, und aus ihm besteht der kleine, schroff in den See vortretende Wartberg. Hart an dem Rande des Sees sind aber an ein oder zwei ganz beschränkten Punkten Kreideablagerungen mit Belemnitella bekannt, und am jenseitigen Ufer erhebt sich aus dem Flachlande, südlich von dem Dorfe Fruham, eine kleine Kuppe von weissem, vielleicht jurassischem Kalkstein.[63]

Durch eine sehr lange Strecke fehlt nun jede ähnliche Spur. Erst jenseits der Donau wiederholt sich Aehnliches knapp vor dem äussersten Saume der Alpen. Bei Leitzersdorf, nördlich von Stockerau, knapp vor den aufgerichteten Schichten des alpinen Orbitoidenkalksteins, wurde blauer Thon angetroffen, dessen reiche Foraminiferen-Fauna nach F. Karrer mit dem westphälischen Senon, der Mucronatenkreide von Lemberg und mit dem böhmischen Baculitenthone übereinstimmt.[64] Unweit davon ragt aus dem mit fremden Blöcken beladenen Mergel und Schiefer der Flyschzone ein Stock von lichtem Kalkstein hervor, welcher vielleicht von jurassischem Alter ist. Eine steile, glattgeschliffene Blattfläche, welche nordwestlich streicht, schneidet denselben gegen Süden ab.

Nun beginnt in der Richtung gegen Nordnordost knapp vor dem äusseren Rande der weithin versunkenen Flyschzone eine lange Reihe jurassischer Berge, welche steil aus der Ebene heraufragen und über Ernstbrunn, Staats, Falkenstein, zu den ebenfalls jurassischen Polauer Bergen bei Nikolsburg ziehen. Man trifft hier die Schichten von Nattheim in Württemberg mit den bezeichnendsten Merkmalen wieder, dann lichte, tithonische Kalksteine. Die Erforschung dieses Zuges ist nicht vollendet.

Endlich erreichen wir die jurassischen Schollen, welche bei Olomutschan in der Nähe von Brünn theils auf Syenit, theils auf mitteldevonischem Kalkstein lagern. Die Art ihrer Lagerung lehrt, dass der grosse Bruch von Brünn und der Syenitstreifen schon um die Mitte der Juraformation beiläufig in derselben Weise bestanden wie heute. ‚In ihrer Zusammensetzung', sagt Uhlig am Schlusse seiner Untersuchungen über diese Juraschichten, ‚haben sie die meiste Aehnlichkeit mit den niederbairischen und schlesisch-polnischen Jura-Ablagerungen und sind als der letzte Denudationsrest ehemals ausgedehnter Küstengebilde zu betrachten, welche die frühere Verbindung der beiden genannten Gebiete durch einen den Südrand des böhmischen Massivs umgebenden Meeresarm beweisen.'[65]

Weit von dieser merkwürdigen Stelle, an der grossen Bruchlinie des Riesen- und Isergebirges, liegt bis nach Sachsen hin, wie bereits erwähnt worden ist, ein Saum von Jurakalk, welcher, begleitet von mittlerer und oberer Kreide, ganz wie zwischen Regens-

burg und Passau streckenweise unter den Granit geneigt ist. Nun hat G. Bruder gezeigt, dass der Jurakalk von Sternberg bei Zeidler, welcher diesem Saume angehört, die Zonen des Peltoc. bimammatum und der Oppelia tenuilobata mit Merkmalen umfasst, welche dieses Gebiet ebenfalls der polnisch-mährisch-niederbairischen Region zuweisen.[66]

Dies beweist zunächst, da ältere Theile der Juraformation bei Brünn horizontal auf Devon und Syenit liegen, dass im nördlichen Böhmen auf dem Bruche am Fusse des Isergebirges noch spätere Bewegungen eingetreten sind als an dem Bruche bei Brünn. Es sind aber ferner diese böhmisch-sächsischen Jurakalke, wie schon ihre Zusammensetzung beweist, gewiss nicht als Ablagerungen in einem langen und schmalen Fjord anzusehen; auch sie sind Denudationsreste, durch ihre eigenthümliche Lagerung vor der gänzlichen Zerstörung bewahrte Spuren einer weitreichenden Transgression.

So zeigt es sich, dass die Juraformation, welche bei Kurdwánow unweit von Krakau unter den Karpathen verschwindet, südlich von dem Berührungspunkte von Weisskirchen (S. 246, Fig. 24) mit ähnlichen Merkmalen wiederkehrt, nie von Lias, fast immer von mittlerer und oberer Kreide begleitet. Ueberall fehlen die Thone mit Waldh. impressa; die Zone des Peltoc. bimammatum tritt stets durch ihre Mächtigkeit hervor.

Wir erkennen ein durch viele Merkmale vereinigtes Juragebiet, welches, unbeirrt durch das Vordrängen der Karpathen, von Czenstochau bis Kurdwánow, bis Brünn, dann aus dem nordöstlichen Böhmen bis gegen Meissen in Sachsen und an der Donau bis gegen Regensburg sich erstreckt.

F. Die Beziehungen des Alpensystems zu seinem nördlichen Vorlande.

Die russische Tafel lässt sich mit unveränderten Merkmalen aus dem Norden bis in die Nähe des Aussenrandes der östlichen Karpathen verfolgen und scheint unter dieselben hinabzusinken. Die einzelnen von West gegen Ost gereihten Zonen der Sudeten treten unmittelbar an den äusseren Rand der Westkarpathen

heran; die widerstandsfähigere Juraformation erscheint sogar noch an dem gefalteten miocänen Vorlande, nur 2 Km. vom Gebirgsrande. Kreide, Jura, Trias und Carbon tauchen anscheinend nacheinander unter die Karpathen hinab; jene Glieder der Sudeten aber, welche heute orographisch hervortreten, Culm und Devon, werden bei Weisskirchen von dem Saume der Karpathen berührt, welcher sich an ihnen zu stauen scheint. Diese stauenden Glieder der Sudeten reichen südlich von dem Berührungspunkte bis an den Bruch von Brünn; es sind aber in Mähren südlich von der Berührungsstelle einige ziemlich klare Andeutungen des Wiedererscheinens von Spuren der versunkenen Jurazone vorhanden.

Wo die Alpen westlich von St. Pölten sich der grossen archäischen Masse am meisten nähern und die Ablenkung gegen ihre karpathischen Bogen beginnt, dort ist diese Masse nackt; nicht einmal jene Schollen von Rothliegend sind hier bekannt, welche sonst den Abbruch begleiten. Von Passau an gegen Donaustauf liegt dann eine Zone von Jurabildungen, welche noch immer durch einige bemerkenswerthe sudetische Merkmale ausgezeichnet sind, und mit derselben trifft man Schollen der nordischen, wahrscheinlich böhmischen Kreideformation; der Abbruch der Masse ist überschoben und Bruch und Einklemmung sind jüngere als die mittlere Kreide.

Das ganze Trias- und Juragebiet vom Fichtelgebirge und bairischen Walde bis zum Schwarzwald und Odenwald ist in grossen und kleinen Schollen zur Tiefe gesunken und bricht an der Donau endlich völlig zur Tiefe. Hier, vor dem Hauptbruche, erfolgen noch einige grosse Kesselbrüche wie im Ries und Höhgau. Die das Senkungsfeld gegen Ost und West umrahmenden Gebirge ragen als Pfeiler oder Horste aus der grossen Senkung. Einzelne Brüche dringen aus dem Senkungsfelde auch in die alten Felsarten der Horste ein, oft nur als grosse Quarzmauern kennbar.

Die Brüche der Absenkung setzen sich nun auch um den südlichen Schwarzwald in den Tafeljura fort, und wohl mag man die Art des Vortretens der vordersten, überschlagenen Welle des Kettenjura (Bötzberg-Profil, S. 150, Fig. 10; Habsburg, S. 151, Fig. 11) als das Anzeichen des thatsächlichen Hinübertretens eines Gliedes des Alpensystems über das Vorland ansehen.

Es ergibt sich aber Folgendes. Oestlich von dem südlichen Ende der böhmischen Masse scheinen die Alpen sammt dem ganzen karpathischen Bogen über zwei andere Gebirge hinübergedrängt zu sein, nämlich über die mesozoischen Zonen der Sudeten und über die russische Tafel. Ebenso tritt südlich vom Schwarzwald der Kettenjura über den gebrochenen Tafeljura. Zwischen beiden Gebieten jedoch, vom Schwarzwalde bis Regensburg, wo man ein Herübertreten über das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld erwarten sollte, hat sich der ganze den Alpen zunächst liegende Theil desselben durch den grossen Abbruch längs der Donau abgetrennt und dem Auge gänzlich entzogen; die Ebene bedeckt ihn. Es ist allerdings möglich, dass dieser Bruch durch das Vordringen der Alpen bewirkt wurde. Die allgemeine Absenkung des Trias- und Juragebietes in Franken und Schwaben ist aber von den Alpen unabhängig; das zeigt schon der Umstand, dass sie sich gegen Paris hin wiederholt.

In diesem ganzen Vorlande sind allerdings alte Faltungen nachweisbar; es sind auch seit der mesozoischen Zeit einzelne Ueberschiebungen und Einklemmungen, wie am Buchberge bei Bopfingen, oder bei Voglarn, oder am Fusse des Isergebirges, eingetreten, aber es ist nichts vorhanden, was sich nur annähernd den grossen tangentialen Bewegungen des Alpenrandes vergleichen liesse. Die Zerlegung dieser Spannung ist daher in diesem Gebiete eine sehr ausgesprochene.

Es mag hier vorläufig nur an Gosselet's Meinung über die Beziehungen des belgischen Kohlengebietes und der Bewegung auf der *Faille du midi* (S. 186) zu dem dortigen Vorlande erinnert sein und an Gilbert's Ansicht, dass die Ursache der Bewegung in den gefalteten Appalachien oberflächlich, in den gesenkten Basin Ranges tiefliegend sei (S. 144).

An früherer Stelle wurde bemerkt, dass der Einbruch der Alpen bei Wien und die grossen Einbrüche des Ostrandes über Graz bis zum Bachergebirge, nach der Beschaffenheit der in die Bruchfelder eingedrungenen und den Brüchen discordant angelagerten Tertiärschichten zu urtheilen, einer und derselben Stufe der Tertiärformation, nämlich der Stufe der Braunkohle von Pitten und Eibiswald mit Mastodon angustidens angehören (S. 178). Diese

Stufe entspricht dem Alter nach sehr genau der Süsswassermolasse von Oeningen, welcher die Asche der Höhgau-Vulcane eingestreut ist. Insbesondere ist es dieselbe Landfauna, welche in Pitten und in Oeningen angetroffen wird, und welche wohl auch die Fauna von Sansans genannt worden ist. Die Landfauna des Süsswasserkalkes von Steinheim und die Vogelfauna des Quellenkalkes im Ries gehören, wie die von Fraas ausgeführten Untersuchungen derselben zeigen, dieser selben Fauna an.

Diese inneralpinen und ausseralpinen Einbrüche fallen also der Zeit nach nahe aneinander, und es ist immerhin möglich, dass sie ganz gleichzeitigen Ereignissen ihren Ursprung verdanken.

Es gibt einige Anzeichen dafür, dass der äussere Bruchrand älter sei. Glieder der ersten Mediterranstufe ziehen sich an dem äusseren Rande der böhmischen Masse von Retz über Eggenburg und Horn, wo sie spätere Störungen erlitten haben, in vielen einzelnen Vorkommnissen über Wiedenfeld bei Krems, Melk, Wallsee, Linz, Ortenburg bei Passau u. s. w. bis gegen den Donaubruch und scheinen, so viel ich diese Sache zu beurtheilen weiss, an diesem Bruche auch eine ähnliche Stellung einzunehmen. Diese Ablagerungen sind älter als die Landfauna von Oeningen, Steinheim und Eibiswald. Sie scheinen in die erwähnten Einbrüche ausserhalb der Alpen ebensowenig einzutreten als in die alpinen Einbrüche.

Anmerkungen zu Abschnitt I: Das nördliche Vorland des Alpensystems.

[1] C. Grewingk, Geogn. Karte der Ostseeprovinzen Liv-, Esth- und Kurland; Archiv für Naturkunde, Dorpat, 1879, Bd. VIII.

[2] A. v. Alth, Ueber die paläozoischen Gebilde Podolien's und deren Versteinerungen; Abhandl. geol. Reichsanst. 1874, VII, insbes. S. 1—21, und die Ergänzung dess.: Die Gegend von Nizniow und das Thal der Zlota Lipa in Ostgalizien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 319—340.

[3] Paul, Grundzüge der Geol. der Bukowina; Jahrb. geol. Reichsanst. 1876, XXVI, S. 328—330.

[4] Fr. Schmidt, Einige Bemerkungen über die podol.-galiz. Silurformation und deren Petrefacten; Bull. Acad. St.-Pétersb., 1875.

[5] A. v. Alth, Die Versteinerungen des Nizniover Kalksteines; Beitr. zur Palaeont. von Oesterr.-Ung. von Mojsisovics und Neumayr, 1881, I, S. 183 u. folg.

[6] Die Lagerungsverhältnisse in Volhynien sind mir allerdings noch unklar; Ossowski's schöne geol. Karte von Volhynien (Fol., Paris, 1880) zeigt gegen West Kreide und Tertiär; gegen Ost aber, jenseits des Flusses Slucz und in seinem Quellgebiete azoischen Quarzit, weiterhin auch Kalk und Schiefer. Der Quarzit aber liegt unmittelbar auf Granit.

[7] A. v. Alth, Paläoz. Geb., S. 4; ein Profil von Pruth zum Dniestr, allerdings hauptsächlich mit Bezug auf die Tertiärbildungen, gibt Petrinó, Verhandl. geol. Reichsanst. 1875, S. 218.

[8] Paul, Geol. Bukow., S. 330.

[9] A. G. Nathorst, Ueber die wissenschaftl. Resultate der letzten schwedischen Exped. nach Spitzbergen (übers. v. Th. Fuchs); Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 25.

[10] Godwin-Austen, Jones, Ramsay, Geikie leugnen den marinen Ursprung des Old Red und betrachten Scandinavien mit seiner Fortsetzung zu den Hebriden als ein sehr altes Festland; Geikie, On the Old Red Sandstone of West. Europe; Trans. Roy. Soc. Edinb., 1878, XVIII, p. 346, 350.

[11] V. Hilber, Geol. Aufnahmen um Lubaczów und Sieniawa in Galizien; Verhandl. geol. Reichsanst. 1882, S. 307.

[12] Ferd. Roemer, Geogn. Beobacht. im polnischen Mittelgebirge, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1866, XVIII, S. 667—690, Taf. XIII; J. de Hempel, Descr. géol. des environs de Kielce, de Checiny et de Malagoszcz, situés au Centre de la Pologne, Ann. des Mines, 1867, 6e sér., XII, p. 141—183, mit Karte; E. Tietze, Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 31. Die Umgebung von Chmielnik und Pinczow auf russischem Gebiete ist dargestellt auf der geol. Karte eines Theiles des Gouvern. Kielce von S. Kontkiewicz, Sprawozdanie z Badan geol. etc., Pamietn. Fizyjgraf. Warszaw., 1882, II, tab. X.

13 Zeuschner, Ueber das Vorkommen von Diceras arietina in Korzetzko bei Cheneiny, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1868, XX, S. 576—580; Ueber die eigenthümliche Entwicklung der Triasformation zwischen Brzeziny und Pierzchn ca u. s. w. ebendas. S. 727—740, Taf. XV; Ueber die neuentdeckte Silurformation von Kleczanów bei Sandomierz im südl. Polen, ebendas. 1869, XXI, S. 257—262, und Geogn. Beschr. der mittleren devonischen Schichten zwischen Grzegorzowice und Skaly-Zagaje bei Nowa Slupia, ebendas. S. 263—274; ferner: Ueber den silurischen Thonschiefer von Zbrza bei Kielce, ebendas. S. 569—573 und Karte. Es bleibt mir in der That noch einiger Zweifel darüber, ob nach Hempel's Darstellung die mesozoischen Schichten an allen Bewegungen des alten Gebirges hier theilgenommen haben. J. Trejdosiewicz, Opis badán geol. etc., Sprawozd. Komis. fizyjogr. XIII, Krakau, 1879, hat bei Zbrza auch mitteldevonischen Kalkstein angetroffen und zählt den dortigen Quarzit zum Unterdevon.

14 Ferd. Roemer, Geogn. Beobacht., S. 675; Leth. geogn., 1880, I, S. 23, 49.

15 Resultate dieser Arbeiten sind, soweit sie Devon und Carbon betreffen, zu einer eingehenden Gesammtdarstellung vereinigt von D. Stur, Die Culmflora, I, S. 91—108; II, S. 317—366; Abhandl. geol. Reichsanst. 1875—1877, VIII.

16 L. Hohenegger, Geogn. Karte der Nordkarpathen in Schlesien u. s. w., mit Erläuterungen, Gotha, 1861; dess.: Geogn. Karte des ehemaligen Gebietes von Krakau, zusammengest. von Corn. Fallaux, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1866, XXVI.

17 Ferd. Roemer, Geol. von Oberschlesien; geogn. Karte von Oberschlesien, in 12 Blättern, 1870.

18 Es ist in letzter Zeit die Meinung wieder hervorgetreten, dass der schmale, westlich vom Syenit liegende Kalkzug am Schlosse Eichhorn dem Devon zuzuzählen sei (C. v. Camerlander, Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 57); hieraus würde folgen, dass nicht ein einheitlicher, sondern zwei oder mehr Brüche an dieser Stelle nebeneinander die Grenze der Sudeten bezeichnen; eine weitere Aenderung der hier versuchten Darstellung würde sich nicht ergeben.

19 Ferd. Roemer, Geol. von Oberschlesien, Atlas, Uebersichtskärtchen, Bl. I.

20 W. Jicinsky, Der Zusammenhang der mähr.-schles. und der preuss.-schles. Kohlenformation; aus der Oest. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, 1877, Taf. IX; ders.: Der Zusammenhang der einzelnen Flötze und Flötzgruppen im Ostrau-Karviner Steinkohlenreviere, ebend. 1880, S. 409 u. folg., Taf. XVII.

21 F. v. Hochstetter, Ueber das Vorkommen von Erdöl und Erdwachs im Sandecer Kreise in Westgalizien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1865, XV, S. 206.

22 Entstehung der Alpen, S. 71.

23 D. Stur, Culmflora, S. 319, 320.

24 L. Hohenegger's Karte von Krakau zeigt aufs Deutlichste diese Verhältnisse.

25 Bemerkungen über die Lagerung des Salzgebirges bei Wieliczka; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1868, Bd. 58, I. Abth., S. 544.

26 D. Stur, Vorläufige Notiz über die dyadische Flora der Anthracit-Lagerstätten bei Budweis in Böhmen; Verhandl. geol. Reichsanst. 1872, S. 165—168.

27 H. Credner, Die geol. Landesuntersuchung des Königreichs Sachsen, 8°, 1881, S. 9. (Aus den Mitth. des Vereins für Erdkunde in Leipzig, 1880.)

28 Gümbel, Die geogn. Verhältnisse der fränkischen Alb (aus der ‚Bavaria‘), 8°, 1864, S. 14; Geogn. Beschreibung des Königreiches Baiern, II, S. 656 u. folg.; III, S. 555 u. folg. und an vielen anderen Stellen. Das Hinzutreten des Zechsteins im nördlichen Theile dieses Gebietes ändert die Sachlage nicht wesentlich; auch F. Beyschlag, Geogn. Skizze der Umgegend von Crock im Thüringerwalde, Zeitschr. für ges. Naturw. Halle, Bd. 55, 1882, gibt auf Taf. VII die Darstellung einer solchen Rothliegend-Scholle und der Randbrüche; hier ist das Flötz permisch.

29 H. Bücking, Gebirgsstörungen und Erosionserscheinungen südwestlich vom Thüringerwalde, Jahrb. der k. preuss. geol. Landesanstalt und Bergakad. zu Berlin für 1880,

I, 1881, S. 60—105, Taf. II, III; W. Frantzen, Die Störungen in der Umgegend des grossen Dollmars bei Meiningen, ebendas. S. 106—136, Taf. IV, V.

30 Gümbel, Geogn. Beschreibung Baierns, II, S. 592. Sie sind: die Culmbacher, Weismainer, Lichtenfelser und Staffelsteiner Spalte. Der Verfasser stellt noch viel genauere Darstellungen dieser merkwürdigen Störungen in Aussicht.

31 Gümbel, Geol. Rundschau von Kissingen (aus dem Werke: Bad Kissingen von Sotier), S. 13—16.

32 E. W. Benecke und E. Cohen, Geogn. Beschreibung der Umgegend von Heidelberg, 8°, 1881, insbes. S. 595 u. folg.

33 G. Deffner und O. Fraas, Die Juraversenkung bei Langenbrücken (aus dem N. Jahrb. für Mineral. u. s. w.), 8°, Stuttgart, 1859. Nach den ausdrücklichen Angaben von Benecke und Cohen sind hier die Rhein- und Odenwaldspalten getrennt; Knop und Jordan haben die von Süd nach Langenbrücken gelangende Rheinspalte in der Odenwaldspalte ihre Fortsetzung finden lassen: Das rhein.-schwäb. Erdbeben vom 24. Januar 1880, Verhandl. des naturwiss. Vereins zu Karlsruhe, 1880.

34 O. Fraas, Geol. Profil der Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen nach Calw; Württemb. Jahresh. 1876, XXXII, S. 128.

35 Ders., Vorlage der Eisenbahnprofile Bietigheim-Bruchsal und Rothweil-Villingen; ebendas. 1872, XXVIII, S. 66.

36 A. R. Ausfeld, Geol. Skizze der Gegend von Rheinfelden. Mittheil. Aargauer Naturf. Ges. 1882, III, S. 83—102; F. Mühlberg, Sammelprofil der Bohrungen, ebendas. mit Tafel.

37 O. Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern, 8°, 1882, S. XX—XXVI. Eine Reihe wichtiger Anhaltspunkte hat C. Regelmann gesammelt; Trigonom. Höhenbestimmungen u. s. w., Württemb. Jahrb. für Statistik u. s. w., 1877, V. ‚Das Schichtgefälle scheidet den Albkörper in drei dem Streichen parallele Zonen: in eine nahezu horizontale nördliche Randzone, eine schwach geneigte Mittelzone und eine stark einfallende südliche Randzone' (ebendas. S. 137).

38 C. Deffner, Die Lagerungsverhältnisse zwischen Schönbuch und Schurwald, Württemb. Jahresh. 1861, XVII, S. 170—262, Taf. IV, V, insbes. S. 256 u. folg., und in Ergänzung der Darstellung derselben Gegend: Fraas, Begleitworte zum Atlasblatt Stuttgart, 1865; H. Bach, Atlasbl. Böblingen, 1868; Deffner, Atlasbl. Kirchheim, 1872, u. And.

39 O. Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, S. XIX.

40 G. Deffner und O. Fraas, Begleitworte zur geogn. Specialkarte von Württemberg, Atlasblätter Bopfingen und Ellenberg, 4°, 1877; ferner: Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, S. XXXI u. 161; insbes. über die vulcanischen Erscheinungen im Zusammenhange mit dem Baue: Gümbel, Ueber den Riesvulcan und über vulcanische Erscheinungen im Rieskessel, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. München, 1870, I, S. 153—200; G. Deffner, Die Granite in den vulcanischen Tuffen der schwäb. Alb, Württemb. Jahresh. 1873, XXIX, S. 121 u. folg., und viele andere Schriften. Auch v. Dechen anerkennt den Rieskessel als Einsturz und fasst auch das Urgebirge im Ries als Theil eines alten Festlandes auf: Ueber auffallende Lagerungsverhältnisse, Verhandl. naturhist. Vereins Rheinl. Westph., Sitzungsber. 1880, XXXVII, S. 37. Für Ueberschiebung insbes. G. Deffner, Der Buchberg bei Bopfingen, Württemb. Jahresh. 1870, XXVI, S. 95—142, 3 Taf.

41 Cl. King, Rep. on the Geol. Explor. of the 40th Parallel, 4°, 1878, I, p. 515, pl. XXIII. Die ‚rohe bothryoidische Oberfläche, welche aus riesigen schwammähnlichen Gestalten aufgebaut scheint, die sich wie Dachziegel überdecken', entspricht auch ganz und gar den Ablagerungen des Wallersteins.

42 O. Fraas, Geogr. Karte von Württemberg, Bl. Hohentwiel und Begleitworte, 1879.

43 Élie de Beaumont, Explic. de la Carte géol. de la France, 1841, I, p. 267—437.

44 G. Bleicher, Essai de Géol. comparée des Pyrenées, du Plateau central et des Vosges; Thèse prés. à la fac. des Sciences de Strasbourg, 8°, Colmar, 1870, p. 71 u. folg.

45 E. W. Benecke, Ueber die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg, Abhandl. zur geol. Specialkarte von Elsass-Lothringen, 1877, I, S. 794 u. folg., und: Abriss der Geol. von Elsass-Lothringen, 8°, Strassburg, 1878, S. 110 u. folg. Sandberger und Platz mögen als Vertreter von Beaumont's Ansicht, Lepsius und Laspeyres für die entgegengesetzte genannt werden.

46 H. Grebe, Ueber das Ober-Rothliegende, die Trias etc. in der Trier'schen Gegend, Jahrb. k. preuss. geol. Landesanst. für 1881, S. 471 u. folg., Taf. XII; für die Fortsetzung gegen Metz: G. Steinmann, Geol. Führer der Umgegend von Metz, Jahresber. des Vereines für Erdkunde zu Metz, IV, 1882, S. 10; auch Benecke's wohlbegründete Bemerkungen im Neuen Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1880, I, S. 222.

47 Mich. Lévy et Ch. Vélain, Sur les failles du revers occidental du Morvan, Bull. soc. géol. 1877, 3e sér., V, p. 350—365. Es scheinen im Morvan die Brüche des Ostrandes weit nach einwärts zu reichen; sie sind bei Alligny, südlich von Saulieu, mit Basalt injicirt; ebendas. p. 562 u. folg.; Beaumont, Explic. géol., II, p. 207, 273 und an and. Ort.; auch Gruner, Essai sur une Classific. des principaux filons du Plateau Central de la France, Ann. des Sciences de la Soc. imp. de Lyon, 1856, 2e sér., VIII, p. 202 u. folg.

48 Bei Thiviers in der Dordogne, am südwestlichen Rande des Plateaus, an einem grossen Randbruche, sind die Belemniten des Ooliths in Schwerspath verwandelt; Harlé, Note sur la form. jurass. et la position des dépôts manganésifères dans la Dordogne, Bull. soc. géol. 1864, 2e sér., XII, p. 33 u. folg.; am SO.-Rande sind die Verwerfungen in den Coirons bereits gänzlich durch Abrasion geebnet gewesen, als sie von Basalt überdeckt wurden; Torcapel, ebendas. 1882, 3e sér., X, p. 409, 412.

49 Élie de Beaumont, Explic. carte géol., II, p. 417 u. folg.

50 Daubrée, Mém. sur la Relation des Sources thermales de Plombières avec les filons métallifères, Ann. des Mines, XIII, 1858; es sei hier nur kurz an die Quellen von Kreuznach und von Dürckheim a. d. Hardt erinnert, welche auf den Rheinbrüchen liegen; die ältesten bekannten Quellabsätze bestehen auch hier aus Quarz; Laspeyres, Kreuznach und Dürckheim a. d. Hardt, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1867, XIX, S. 803—922, Taf. XII, und 1868, XX, S. 153—204, insbes. S. 188 und 198, 199; ebenso liegt am Westabhange des Schwarzwaldes, knapp an der Therme von Badenweiler, der Gang Haus-Baden auf einem Rheinbruche; Sandberger, Geol. Beschreibung der Umgegend von Badenweiler, Beitr. inn. Stat., VII, 1858, S. 14, 15; Daub wollte im Jahre 1851 einen Zusammenhang solcher Gangtrümmer so ziemlich durch die ganze Länge des Schwarzwaldes erkennen und wies damals schon auf den Parallelismus mit den von Beaumont beschriebenen Verwerfungen der Vogesen hin; Daub, Die Feldsteinporphyre und die Erzgänge des Münsterthales bei Staufen, Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1851, S. 1—23.

51 E. W. Benecke und E. Cohen, Umgegend von Heidelberg, S. 178 u. folg.

52 H. Bach, Begleitworte zur geol. Karte von Württemberg, Atlasbl. Calw, 1869, S. 18.

53 E. Paulus, Begleitworte zur geogn. Specialkarte von Württemberg, Atlasbl. Freudenstadt, 4°, 1866, S. 13.

54 Sandberger, Geol. Beschreibung der Umgebungen der Renchbäder, Beitr. zur Statistik der inn. Verwalt. des Grossherzogthums Baden, Heft XVI, 1863; Vogelgesang, Geogn. bergmänn. Beschreibung des Kinzigthaler Bergbaues, ebendas. Heft XXI, 4°, 1865, und insbes. F. Sandberger, Untersuchungen über die Erzgänge von Wittichen im bad. Schwarzwalde, Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1868, S. 388; Sandberger erwähnt in seiner in Bezug auf die Art der Füllung dieser Gänge so lehrreichen Monographie des Schapbacher Hauptganges (Untersuch. über Erzgänge, 1882, I, S. 45) eines Gerölles aus Vogesensandstein, welches zeigt, dass schon vor Ablagerung des letzteren hier Barytgänge gebildet wurden, lässt aber darum den Leser nicht im Zweifel darüber, dass die hier

besprochenen Gänge von jüngerem Alter seien und sich häufig in Buntsandstein und Rothliegendem als quarzige oder barytische Trümmer fortsetzen.

55 J. W. Judd, The Secondary Strata of Scotland, Quart. Journ. Geol. Soc. 1873, 1874, 1878, insbes. 1873, p. 131—134, pl. VII.

56 A. E. Reuss, Die geogn. Verhältnisse des Egerer Bezirkes und des Ascher Gebietes in Böhmen, Abhandl. geol. Reichsanst. 1852, I, S. 30—32; J. Jokély, Zur Kenntniss der geol. Beschaffenheit des Egererkreises in Böhmen, Jahrb. geol. Reichsanst. 1856, VII, S. 527, 528. Diese grossen Quarzzüge sind auch verzeichnet auf F. von Hauer's geol. Karte von Oesterreich.

57 F. v. Hochstetter, Geogn. Studien aus dem Böhmerwalde, IV; Jahrb. geol. Reichsanst. 1855, VI, S. 767—774 und die schematische Zeichnung S. 762.

58 Gümbel, Geogn. Karte des Königreiches Baiern, Bl. IX, Cham.

59 L. Wineberger, Geogn. Beschreibung des bairischen und Neuburger Waldes, 8°, Passau, 1851, und Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königr. Baiern, II, S. 372 u. folg., 497, 508 und a. and. Ort.

60 Gümbel, ebendas. S. 377.

61 J. G. Egger, Der Jurakalk bei Ortenburg, aus dem I. Jahresber. des naturhist. Vereines in Passau für 1857, S. 6 u. folg.; Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königr. Baiern, II, S. 695; L. v. Ammon, Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau, Abhandl. des zool.-mineral. Vereines in Regensburg, 1875, X, S. 94—97.

62 F. Roemer, Geol. Oberschlesiens, S. 276; M. Neumayr, Die Cephalopodenfauna der Oolithe von Balin bei Krakau, Abhandl. geol. Reichsanst. Wien, 1871, V, S. 50, 51; Ammon, a. ang. Orte, insbes. S. 151; V. Uhlig, Die Jurabildungen in der Umgebung von Brünn, Mojsisovics und Neumayr, Beitr. zur Paläont. Oesterr.-Ung., 1881, I, S. 141—145. Ueber den Charakter der Kreidebildungen Carl Gerster: Die Plänerbildungen um Ortenburg bei Passau, Nova Acta Acad. Leop. Carol., 1881, XLII, p. 57, 58. Diese entsprechen dem Pläner von Hundorf und Strehlen, dem Baculitenmergel und den Schichten von Kieslingswalda; aus dem letzteren Umstande wird auch die Möglichkeit einer Verbindung mit dem norddeutschen Meere über Schlesien als denkbar erklärt. Ferner soll die Kreideablagerung von Siegsdorf bei Traunstein weit mehr den Vorkommnissen von Lemberg und Norddeutschland, als jenen von Böhmen und Sachsen sich nähern.

63 Jurassische Versteinerungen wurden noch nicht gefunden; die Stelle ist erwähnt bei F. v. Hauer, Ueber die Eocängebilde im Erzherzogthum Oesterr. u. s. w., Jahrb. geol. Reichsanst., IX, 1858, S. 119; sie wurde in neuester Zeit von Frauscher untersucht. Das Vorkommen der Belemnitellen in dem See ist seit längerer Zeit bekannt.

64 F. Karrer, Ueber ein neues Vorkommen von oberer Kreideformation in Leitzersdorf bei Stockerau; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 157—184, 2 Taf.

65 Uhlig, a. ang. Orte, S. 145.

66 G. Bruder, Zur Kenntniss der Jura-Ablagerungen von Sternberg bei Zeidler in Böhmen; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. 1881, Bd. 83, S. 17—49, 2 Taf.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Leitlinien des Alpensystems.

Der Nordrand der Alpen und der Karpathen. — Oertliche Vorschübe des Aussenrandes. — Umbeugung des Endes der Karpathen. — Umbeugung des westsiebenbürgischen Gebirges. — Umbeugung des Appennin. — Sicilien. — Nordafrikanisches Gebirge. — Gibraltar. — Die betische Cordillere. — Wirbelförmige Anordnung der Leitlinien.

Je mannigfaltiger die Umrisse der einzelnen Gebirgstheile sind, welche das nördliche Vorland der Alpen und der Karpathen bilden, um so bemerkenswerther ist die Einheit der langen und leicht geschwungenen Curve, welche den Nordrand des Kettengebirges bezeichnet, und welche sich auch dort ohne Mühe verfolgen lässt, wo in Niederösterreich und Mähren Theile des Aussenrandes zur Tiefe gesunken sind.

Am südlichen Ende des Schwarzwaldes treten die Falten des Juragebirges mit überbogenem Vorderrande über den gesenkten Tafeljura.

Innerhalb des Juragebirges, an dem ganzen äusseren Saume der Alpen und auch in den Karpathen kündigt sich, welches auch die Beschaffenheit des Vorlandes sei, das Vordringen des Gebirges durch einen oder mehrere lange Faltensättel in den miocänen Ablagerungen an. Es ist überflüssig, hier von der Wölbung der Schweizer Molasse zu sprechen. Die Schwierigkeiten, welche sich durch lange Zeit der Verfolgung dieser Falten in den weichen und daher leicht zerstörbaren Miocänschichten gegen Osten entgegensetzten, sind in neuerer Zeit dadurch behoben worden, dass gerade in diesem äusseren Saume bergmännische Arbeiten den gewünschten Aufschluss lieferten. Gümbel's Querprofil durch das

Leitzachthal zeigt in den kohlenführenden Tertiärschichten dieses Saumes bei Miesbach zwei oder drei nordwärts überschobene Falten.[1] Sehr weit davon, in den Gruben von Wieliczka, haben in gleicher Weise Paul's Untersuchungen das Vorhandensein von zwei oder drei spitzen und nordwärts überschobenen Falten nachgewiesen, welche die eigenthümliche Lage der Salzflötze in dem miocänen Tegel erklären.[2] Noch weiter gegen Ost liegt ebenso an dem äusseren Saume der Karpathen die wichtige Lagerstätte von Ozokerit bei Boryslaw in einem antiklinalen Sattel des miocänen Salzthones. Mit Recht hebt Paul hervor, dass diese beiden wichtigsten Productionsorte des galizischen Bergbaues, nämlich der Salzbergbau von Wieliczka und die Ozokeritgruben von Boryslaw, unter dem Einflusse derselben tektonischen Erscheinung stehen. ‚Derselbe nordwärts wirkende Gebirgsschub, der die Salzflötze von Wieliczka zu steilen Falten zusammenbog, richtete auch den Schichtensattel von Boryslaw auf und schuf so die Bedingungen zur Ansammlung eines Productes, durch dessen Ausbeutung bereits Millionen gewonnen wurden.‘[3]

Allgemein ist die Regel, dass die bauwürdigen Mengen von Erdöl sich auf den Antiklinalen angesammelt vorfinden, und die Ozokerit- und Erdölzone von Boryslaw setzt sich weit gegen Osten, stets dem äussersten Saume des Gebirges folgend, bis Sloboda rungurska und Lucza, also bis südlich von Kolomea fort, und noch viel weiter, wo in der Wallachei die Karpathen beginnen, sich aus Nord—Süd gegen Nordost—Südwest umzubeugen, setzt sich dieselbe Erscheinung, hier noch in viel jüngeren Schichten, den Congerien- und Paludinenschichten fort. Im Flussgebiete des Slonik, nördlich von Buzeu, in dem südöstlichen Theile der Karpathen, stehen nach Cobalcescu die salzführenden Thone steil aufgerichtet und die discordant ihnen vorliegenden Paludinenschichten sind in Falten gelegt, welche, der Beugung des Gebirges entsprechend, von Nordost gegen Südwest streichen.[4]

Die Molassefalten der Schweiz liegen innerhalb des Juragebirges; jene des Leitzachthales in Baiern liegen südlich von Regensburg und von dem Anschlusse des grossen Donaubruches an dem überbogenen Bruchrand der archäischen Masse; die Falten von Wieliczka befinden sich in unmittelbarer Nähe der

mesozoischen Zonen der Sudeten, welche gerade hier unter die Karpathen hinabzusinken scheinen, und sie setzen sich fort durch das ganze Gebiet, in welchem die russische Tafel das Vorland bildet.

Genauere Prüfung zeigt freilich einige untergeordnete Beirrung in dem sonst so stetigen Verlaufe dieser äusseren Curve. Diese Beirrung wird durch das örtliche raschere Hervortreten einzelner Gebirgstheile herbeigeführt. Wo die Flyschzone aus der Schweiz nach Oesterreich übertritt, in der Gegend des Bodensees, tritt in flacher S-förmiger Beugung die östliche Fortsetzung um ein gutes Stück über die westliche Streichungsrichtung vor. Dieses Vortreten des Aussenrandes entspricht im Innern des Gebirges der Schleppung des Rhaetikon an der Rheinlinie (S. 183, Fig. 15) und dem Einsturze des Prättigau.

Aehnliches wiederholt sich bei Salzburg. Die Flyschzone ist versenkt, aber deutlich erkennt man, dass sie an der Salzach, wo sie wieder hervorragt, weiter nach Norden gerückt ist.

Noch schärfer bemerkt man dieses bei Wien; an dem Durchbruche der Donau tritt der nördlich von dem Flusse liegende Theil der Flyschzone um 2—3 Km. mit seinem Aussenrande über die Fortsetzung des südlichen Aussenrandes vor.

Dies sind Verschiebungen im Sinne von Blattflächen. Sie gehen aus tangentialer Bewegung hervor, wie die überschobenen Randfalten selbst; aber trotz der massgebenden Bedeutung, welche diese Bewegung für das ganze Streichen und den Bau dieser grossen Zonen hat, scheinen sie, auch abgesehen von den oftерwähnten örtlichen Einbrüchen, nicht frei zu sein von langen linearen Brüchen. Der um die Kenntniss der westlichen Alpen hochverdiente Lory sucht sogar in grossen Senkungsbrüchen den wesentlichen Zug des Aufbaues dieses Theiles der Kette. Zwei derselben hat Mojsisovics im Salzkammergute verfolgt; weitere Studien müssen zeigen, wie weit und unter welchen Formen die tangential bewegte Masse hier zugleich gesenkt ist.[5]

A. Umbeugung des Endes der Karpathen.

Schon vor mehreren Jahren konnte es ausgesprochen werden, dass die tangentiale Kraft nicht nur in den Alpen, sondern in

Europa überhaupt vornehmlich gegen Nord gerichtet sei, mit Abweichungen gegen West und gegen Ost. Wir werden sehen, dass durch seitherige Arbeiten dieses Ergebniss für die damals betrachteten Gebirgstheile vollkommen aufrecht bleibt, dass aber neue Erfahrungen sich hinzufügen, welche das Gesammtbild des Alpensystems doch gar wesentlich verändern.

In den westlichen Theilen der Alpen, wurde damals gesagt, ist die bewegende Kraft gegen West gerichtet, in der Ostschweiz, in Baiern und bis Wien gegen Nord, in den Karpathen gegen Nordwest, Nord, Nordost, endlich rein gegen Ost, so dass nordsüdliches Streichen eintritt und die Gebirgskette einen weiten Bogen beschreibt.

Nun wurde eben erwähnt, dass an dem südöstlichsten Aussenrande der Karpathen, in der Wallachei, gegen Südwest streichende Falten auftreten. Noch viel weiter gegen West, im Prahovathale, ist Flysch und in demselben Acanthoceras mamillare bekannt,[6] und es scheint sich eine volle Umbeugung zu vollziehen. Die mir bekannt gewordenen Beobachtungen sind jedoch zu unvollständig, um erkennen zu lassen, in welche Beziehungen die Flyschzone hier zu dem höchst verwickelten Gebirgszuge tritt, welcher von den Stromschnellen der Donau durch das östliche Serbien zum Balkan zieht.[7]

Bleiben wir nun auch auf wallachischem Boden heute noch in Zweifel über das volle Maass der Umbeugung der tangentialen Bewegung, so ist in Siebenbürgen für eine innere Parallelkette bereits Sicherheit erlangt. Es hat nämlich Lóczy gefunden, dass der westsiebenbürgische, innerhalb des karpathischen Bogens sich erhebende Gebirgsstock gegen Ost, Südost und auch gegen Süd von einer gefalteten Zone von Flysch mit regelmässigen Aufbrüchen von Klippenkalk umgürtet ist, welche innerhalb der Krümmung des Marosflusses bogenförmig hinstreicht.[8]

Hier vollzieht sich thatsächlich volle Umbeugung gegen Süd. Es erleidet innerhalb des pannonischen Gebietes die tangentiale Bewegung eine Ablenkung von beiläufig 2 1/2 Quadranten oder 225°. Dieses Ergebniss fordert zur neuerlichen Betrachtung des südlichen Endes des Appennin auf.

B. Umbeugung des Endes des Appennin.

Das Kalk- und Sandsteingebirge der Basilicata erreicht im Golf von Tarent das jonische Meer; die äussersten Ausläufer der Kalkberge reichen etwa bis Spezzano; was südlicher folgt, ist ein aus Granit, Gneiss und älterem Schiefer bestehendes Gebirge mit den Merkmalen der älteren Felsarten unserer Alpen. Wir betrachten nur das südlichste Stück, den Stock des Aspromonte, welchen die beiden Busen von Squillace und S. Eufemia abschnüren. Die Westseite ist abgebrochen; diese, sowie den Kamm bilden die älteren krystallinischen Gesteine. Am östlichen Gehänge, oder vielmehr gegen SO. und nur gegen Sinopoli auf die Höhe übergreifend, schliesst sich eine sehr unterbrochene Schieferzone an. Auf diesen älteren Felsarten erscheinen vereinzelte Schollen von tithonischem Kalkstein, zuweilen mit Nerineen, und von cenomanen Ablagerungen mit afrikanischem Typus, endlich in etwas grösserer Ausdehnung tertiäre Flyschsandsteine mit einem kleinen, Anthracotherium-führenden Kohlenflötze. Alle diese Transgressionen gehören dem Südosten und Süden des Aspromonte an, und sie reichen bis an die südlichste Spitze in der Gegend von Mellito.

Sowohl die älteren krystallinischen Felsarten, als die Schieferzone greifen nach Sicilien hinüber, wo sie den Kern des peloritanischen Gebirges bis über Cap Calavà hinaus bilden, wie es Seguenza so genau beschrieben hat.[9] Auch die Transgressionen erscheinen wieder, so insbesondere mehrere Schollen der afrikanischen Cenomanbildungen, welche in der Umgebung von Barcelona dem alten Gebirge auflagern. Zugleich schliesst sich aber eine ausgezeichnete Zone von Sedimentbildungen an den äusseren Rand der Schieferzone, in welcher man das Rothliegende, die Dolomite der Triasformation, rhätische Schichten mit Spirigera oxycolpos u. A., zwei oder drei petrefactenführende Stufen des Lias, dann Tithon und Neocom unterscheidet. Cap S. Alessio im Südosten und Militello im Westen bezeichnen am besten den Verlauf dieser Zone. Südlich folgt dieser eine Höhenzone von tertiären Flyschbergen, deren Fuss von den Laven des Aetna bespült wird.

Obwohl ich selbst das Vergnügen gehabt habe, unter der Führung des Herrn Seguenza diese merkwürdige Zone zu besuchen, welche in ihrer Zusammensetzung mehr als irgend ein Theil des Appennin an die Ostalpen erinnert, habe ich wegen der verhältnissmässig geringen Längenerstreckung derselben bis jetzt nicht gewagt, weitergehende Schlüsse an ihr Auftreten zu knüpfen.

Seither hat sich die Kenntniss von dem Baue der sicilischen Gebirgszüge beträchtlich erweitert. Es ist insbesondere aus Gemmellaro's wichtigen Untersuchungen bekannt geworden, dass die Triasformation der Ostküste durch die Madonien sich fortsetzt und dann, in zwei grosse Züge gabelförmig getheilt, einerseits längs der Nordküste bis zum M. S. Giuliano bei Trapani, andererseits gegen SW. bis in die Nähe von Sciacca reicht. Sie bildet an vielen Orten die Unterlage einer mannigfaltigen Reihe von rhätischen, jurassischen und cretacischen Ablagerungen und ist oft durch Fossilien, insbesondere durch Daonellen und Halobien kennbar. Die tiefsten Lagen erscheinen am M. S. Elia, an der Nordküste in der Nähe von Bagheria, O. von Palermo.[10]

Ebenso ist seither durch eine neuere Arbeit Mottura's auf weite Strecken hin sowohl am Südrande der Madonien, als auch weiter gegen SO. über Raddusa gegen den Westrand der Ebene von Catania, und im SW. gegen Caltanisetta das Hervortauchen mächtiger Massen von Flyschgesteinen, von Argille scagliose mit Fucoiden, von Albarese, Sandstein und Nummulitenkalkstein in früher kaum vermutheter Ausdehnung nachgewiesen worden.[11]

Nachdem nun sogar von Boschetello bei Vizzini cephalopodenreicher Neocom als die Unterlage jener Hippuritenkalksteine bekannt geworden ist, welche gegen SO. bis zum Cap Passaro streckenweise sichtbar sind,[12] wird man sich der Meinung nicht mehr verschliessen dürfen, dass die südwärts geneigte Verrucano- und Triaszone des Cap Alessio thatsächlich als ein Theil des Schichtenkopfes einer weitgestreckten Kalkzone anzusehen ist.

Wenn nun die Einheit des Aspromonte in Calabrien und des peloritanischen Stockes in Sicilien ausser Zweifel steht, wie die gegenseitige Lage, die Umbeugung der allerdings lückenhaften calabrischen Schieferzone und die Identität der cretacischen Transgressionen zeigt, so folgt hieraus, dass die gefalteten Sediment-

bildungen am Aussenrande des Appennin unter einem Theile des jonischen Meeres eine scharfe Beugung gegen West erfahren.

Und nun sehen wir uns plötzlich vor ein neues Problem gestellt. Im Nordosten Siciliens erblicken wir ein Fragment alter krystallinischer Felsarten, umgürtet von einer aus Calabrien herüberreichenden Zone von Schiefer; dieser folgen Zonen von Verrucano, Trias, rhätischer Stufe, Lias bis Neocom, Alles auf ein ziemlich schmales Band zusammengedrängt, das kaum über Taormina herabreicht; dann folgen die Flyschgesteine. Zuerst erscheinen sie als ein ansehnlicher selbständiger Saum bis in die Nähe des Aetna, dann sinken sie unter die jüngeren Bildungen hinab, enthüllen sich nur stellenweise und lassen wohl auch ihre Unterlage, Hippuritenkalk und Neocom, zu Tage treten.

Ein Theil der horizontalen jüngeren Tertiärschichten findet seine leicht erkennbare Fortsetzung auf dem tafelförmigen Malta. Die Fortsetzung des Eocän- und Kreidegebirges aber liegt, wie Coquand schon vor vielen Jahren ganz richtig erkannte, im nördlichen Afrika.[13] Weit zieht sich von dort das Vorgebirge Dak'hela mit dem Cap Bon gegen Sicilien herüber; es ist zum grossen Theile aus Neocom und Flysch zusammengesetzt, wie die Vorkommnisse am Cap Bon selbst, bei Zaghouan und an der Südseite gegen den Golf von Hammamet lehren.[14]

Dort also haben wir unsere Vergleichungen fortzusetzen.

C. Die nordafrikanische Kette.

Unter den Felsarten, aus welchen das grosse nordafrikanische Kettengebirge aufgebaut ist, bemerken wir nun zuerst eine Reihe jüngerer vulcanischer Vorkommnisse, welche da und dort als Inseln aus dem Meere aufragen, an einzelnen Stellen aber auch auf das Festland übergreifen.

Wir treffen zunächst, schon in einiger Entfernung vom Lande, auf die schroffe, 350 M. hohe Insel Galita und die sie begleitenden Riffe und kleineren Inseln. Mit Ausnahme einer steil aufgerichteten Scholle von dunklem Kalkstein und Schiefer besteht die ganze Insel aus Trachyt und einem dunklen, doleritähnlichen Gesteine.[15]

Weiter gegen West liegt die Fortsetzung auf dem afrikanischen Festlande; ich erwähne die basaltischen Massen von Dellys in Kabylien. Noch weiter, westlich von Algier und der Ebene der Mtidja, greifen diese Gesteine etwas tiefer in das Land. Sie erscheinen im Gebiete von Milianah sogar in drei getrennten Zonen, deren erste am Meere bei Scherschel und an anderen Orten, die zweite am Südrande der landeinwärts folgenden ersten Ketten von Bergen der Kreideformation, und die dritte, südlichste mit einer Länge von mehr als 50 Km. am Südfusse der nächsten Kette der Kreideformation, der grossen Sra Kebira, liegt.[16]

Auch in Oran treten vulcanische Gesteine auf, und zwar Trachyte und Basalte. Hier stehen sie in inniger Verbindung mit jüngeren Tertiärschichten und sogar mit einer älteren Abtheilung der quaternären Bildungen. Die Trachyte scheinen im Allgemeinen etwas älter zu sein als die Basalte.[17]

Die Insel Habibas besteht aus Mühlsteintrachyt.[18]

Noch weiter gegen West zeigen sich zu beiden Seiten des Wadi Tafna grössere Basaltmassen; in der Basaltinsel von Aïn-Temouchent, an der Grenze von Oran und Tlemcen, ergiessen sich Basaltströme über quaternäre Lagen mit Landschnecken.[19]

Die Insel Raschgoun liefert Puzzuolane und glasigen Feldspath.[20]

Auch bei Nemours treten wieder grössere Basaltmassen hervor.

Die Djafarân-Inseln, westlich von Nemours, bestehen aus Trachyt und Phonolith.[21] Auf der sehr kleinen Insel Alboran, welche weit entfernt von der Küste liegt, trifft man ein steil aufgerichtetes Stück einer geschichteten Scholle, wie es scheint von jungem sedimentären Ursprunge, und darüber eine Lage von olivinhaltiger Felsart.[22]

Es ist also auf den Inseln und längs der Küste diese Reihe jüngerer Eruptivbildungen bis weit gegen West nachweisbar.

Als eine nächste, doch etwa mit Ausnahme der kleinen Insel Plane, westlich von Oran, schon ganz dem Ufersaume des Festlandes angehörige Zone unterscheiden wir eine Reihe von Vorkommnissen älterer Felsarten, nämlich Gneiss und älteren Gra-

nit, Glimmerschiefer und Thonschiefer mit Lagen von körnigem Marmor.

Die erste Gneissmasse ist jene des Dj. Edough, westlich von Bona. Sie ist durch den Fetzara-See südwärts begrenzt. Ihr gegenüber, an der Westseite des Golfes von Stora, bestehen die ‚Sieben Caps' bei Collo aus Granit und Quarzporphyr. Die südlich folgende Schieferzone reicht vom Edough, der Küste ziemlich parallel laufend, über Philippeville, dann südlich von Collo bis gegen Djidjelli im Golf von Bougie, wo an der Küste wieder Quarzporphyr sichtbar wird.[23]

Die nächste ist die grosse kabylische Gneissmasse, westlich vom Busen von Bougie, welche mit den begleitenden älteren Schiefern das ganze Gebiet des bei Dellys mündenden Wadi Sebaou umfasst. Sie erhebt sich landeinwärts bis zur Höhe von 1420 M. und bleibt daher beträchtlich niedriger als der sie südlich umgebende und überragende gewaltige Schichtenkopf des aus Kalkstein bestehenden Djurdjura, dessen Höhen zwischen 1730 und 2517 M. schwanken. Die kabylische Gneissmasse ist stellenweise durch transgredirende, nummulitenführende Schichten verdeckt, doch bleibt sie in drei grösseren Gruppen sichtbar, deren südliche, die älteren Schiefer inbegriffen, von West nach Ost 54 Km. bei einer mittleren Breite von 16 Km. erreicht. Gegen Dellys und das Meer hin scheint sie vollständig von tertiären Ablagerungen bedeckt zu sein.[24]

Das nächste Auftauchen älterer Felsarten ist besonders bezeichnend für die Art des Einbruches der jetzt unter dem Meere begrabenen Theile dieses grossen Gebirgszuges. Sowie zwischen der Bucht von Neapel und jener von Salerno die Landzunge von Sorrent mit der Insel Capri hervorragt, zwei selbständige Einsenkungen als Horst abgrenzend, ragen östlich und westlich von der Bucht von Algier zwei Halbinseln ins Meer hinaus, im Osten Cap Matifou, im Westen die Halbinsel von Bouzaréa, und jedes dieser Vorgebirge besteht aus je einem Stücke der Schieferhülle der versunkenen Masse von Algier. So wenigstens allein kann ich die vielfach vorliegenden Darstellungen auffassen. Auf Bouzaréa ist die sichtbare Masse alter Felsarten viel bedeutender als auf Cap Matifou; man sieht hier eine Folge von granatführendem Glimmerschiefer, Talk- und Thonschiefer, mit einer mächtigen Einschaltung

von dunkelblauem Kalkstein; gneissartige Zwischenlagen und vereinzelte kleinere Granitvorkommnisse innerhalb des Schiefers, wie sie am Edough und im peloritanischen Gebirge bekannt sind, werden auch hier angetroffen. Die Lagen neigen sich bei Algier gegen Süd, und die Steilheit ihrer Neigung nimmt südwärts zu. Auf der Höhe von Bouzaréa ist das Streichen bogenförmig gekrümmt. Dieses Fragment ist südwärts durch die Ebene der Mtidja vom Kalkgebirge getrennt.[25]

Noch weiter gegen West, an der Westseite der Bucht von Mostaganem, in dem Küstensaume von Oran, erscheinen granitische Gesteine, fein gefältelte, seidenglänzende Thonschiefer, Kalkstein und galmeiführender Dolomit unter einer Gruppe von rothem Schiefer und von Quarzsandstein. Diese älteren Felsarten bilden viele Küstenpunkte westlich von Oran, ziehen sich in der Richtung der Küste fort und treten nach Bleicher in den Höhen südlich von Nemours auf.[26]

Auch weiter südlich von Nemours, gegen Oudjda, treten ältere Felsarten in längerem Zuge auf einer Antiklinale hervor, welche, der Richtung des Gebirges folgend, über die marokkanische Grenze streicht. Auch hier gibt es vereinzelte Granitvorkommnisse im Schiefer.[27] Dem östlichen Theile des Gebirges fehlen so tiefgreifende innere Aufbrüche, wie es scheint, gänzlich.

Verfolgen wir die Meeresküste, so zeigt sich auf marokkanischem Gebiete nach Coquand's mühevollen Beobachtungen Folgendes. Während die ebengenannten Gebirgsfalten von Tlemcen gegen WSW. landeinwärts fortstreichen, bleibt eine Reihe von Aufbrüchen alter Felsarten dem bogenförmig gekrümmten Meeressaume treu, ohne tiefer in das Land einzudringen. An den Vorgebirgen erscheinen die ältesten Glieder, so auf dem weit vorragenden Râs-el-Deir (Cabo tres Forcas) bei Melilla; Râs Torf (Cabo Negro) nördlich von Tetuan hat seinen Namen von dem dunklen, granatführenden Glimmerschiefer, welcher hier, begleitet von Thonschiefer und jüngeren Granitgängen, auftritt. Dieselben alten Felsarten bilden das Vorgebirge von Ceuta, welches sich vom Dj. Mousa abzweigt.

So erreichen die alten Felsarten längs des Südufers des Mittelmeeres die Strasse von Gibraltar; landwärts sind sie hier von altem

Sedimentgebirge begleitet, welches den grössten Theil der Uferstrecke von Tetuan bis durch das Rîf hinab innerhalb der eben erwähnten noch älteren Schollen zu bilden scheint, und an einer Stelle, bei Djaritz oberhalb Tetuan, hat Coquand Reste von Trilobiten, Orthoceras, Orthis u. A. in einem höheren Gliede dieser Zone getroffen. Ihr Streichen geht dabei allmälig aus ONO.—WSW. in Süd-Nord über.[28]

Das nächste Gebirgsglied ist, abgesehen von vereinzelten Vorkommnissen von Kohlenkalk, welche Bleicher in Oran anführt, ein dunkelrothes Conglomerat oder rother Sandstein, in welchem man fossile Stämme angetroffen hat, und welches von Pomel für permisch gehalten, von Bleicher noch zum Carbon gezählt wird. Es erscheint dasselbe über dem Schiefer und unter dem mesozoischen Kalkgebirge im nördlichen Theile der Provinz Constantine, dann auf dem Dj. Khar, d. i. dem Löwenberge bei Oran, am Cap Falcon, über dem Schiefer des östlichen Tlemcen und an anderen Orten. Im Westen umgibt ein von Ferne sichtbarer Bogen von rothem Sandstein von Tetuan an, und wie es scheint auch durch das Rîf, die Uferzone der alten Schiefergesteine. Es ist sehr möglich, dass diese rothe permische Serie jener mächtigen rothen Schichtfolge im Süden des Landes und des hohen Atlas entspreche, welche Fritsch als ,Wansero-Sandstein' bezeichnet.[29]

Ueber diesem rothgefärbten Gliede liegt das hohe Kalkgebirge. Dass ein tiefster Theil desselben wenigstens im Osten der Trias zufällt, ergibt sich trotz des Mangels an Petrefacten aus der Ueberlagerung durch den Lias; eine Anzahl von Beobachtern hat dies anerkannt.[30] Lias ist an mehreren Punkten im nördlichen Theile der Kette bekannt; jurassische Bildungen nehmen einen grösseren, jene der Kreide- und Eocänformation aber den grössten Antheil an dem Aufbaue jener gewaltigen Faltungen, aus welchen sich die südwärts durch die Niederung der Hodna und eine Reihe von Schotts getrennte Gebirgskette zusammensetzt. Ihr Streichen ist von Tunis an weithin unausgesetzt WSW., bis etwa im marokkanischen Rîf jene Beugung gegen Nord eintritt, welche wir bereits in den inneren Zonen kennen gelernt haben, und welche den Abschluss des Mittelmeeres bewirkt.

So kommt es, dass nach Coquand das Cap Spartel aus Flysch besteht, dass Desguin so wie Lenz auf der ganzen Strecke von Tanger bis Meknès und Fes nicht auf ältere Schichten als höchstens auf solche des oberen Jura gestossen sind, und dass die einzigen mesozoischen Fossilien, welche Desguin südlich von Tanger antraf, dem Horizonte der Ostrea scyphax angehören.[31]

Auf französischem Gebiete ist in der Entwirrung der Falten des Kalkgebirges bereits ganz Ausserordentliches geleistet worden, wie denn überhaupt die Entzifferung der Structur der nordafrikanischen Ketten durch französische Geologen zu den erfreulichsten Leistungen auf dem Gebiete der beschreibenden Geologie gezählt werden darf und den Betheiligten zur grössten Ehre gereicht.

Hier ist es nicht nöthig, auf die Einzelheiten des Faltenbaues einzugehen; es verdient aber erwähnt zu werden, dass nach den schönen Karten Brossard's jene Querverbindung, welche im Gebiete von Bou Saada südwestlich von der Hodna, von dem nördlich von den Sebcha's liegenden Gebirge zu dem südlichen herüberzieht, ebenfalls aus Falten zusammengesetzt ist, welche das Streichen der Hauptketten haben und quer abgesunken sind.

Mit einer Regelmässigkeit, wie man sie etwa im Juragebirge anzutreffen gewohnt ist, streichen die Falten durch das Gebirge nördlich von den Sebcha's, und an seinem Rande zeigen sich sehr junge tertiäre Schichten, welche an den Störungen theilgenommen haben.[32]

Südlich von der Zwischenebene der Sebcha's erhebt sich das gefaltete Gebirge abermals zu beträchtlichen Höhen, es ist aber in demselben keine ältere Ablagerung nachgewiesen als oberer Jura. Ueber diesem folgt Neocom, dann, etwa im Niveau des Gault, eine grosse Mächtigkeit von flyschartigem Sandstein, darüber die mittlere und obere Kreide. Das Cenoman besteht aus Gyps, Mergel und Kalkstein, die höheren Kreideglieder aus Kalkstein. Gegen Ost tritt Eocän hinzu.

Von Figuig weit im Westen an der Grenze von Marokko, bis über Laghouat hin, wo dieses Gebirge Djebel Amour heisst, endet dasselbe nach Rolland's Angaben steil und geradlinig mit nordöstlichem Streichen gegen die unermessliche Sahara; der Aussen-

rand besteht aus gegen SO. geneigten Schichten von Kreidekalkstein, dem äusseren Abfalle einer grossen Sattelfalte. Gegen Biskra ist der Umriss weniger geradlinig, der Bau des Gebirges aber derselbe.[33]

Wir erkennen demnach in den nordafrikanischen Ketten eine Anzahl von parallelen Zonen. Die erste ist die vulcanische, zum grossen Theile inselförmig aus dem Meere hervorragend, von der Insel Galita im Osten durch eine Reihe einzelner Punkte vertreten bis zu den Djafarân-Inseln in der Bucht von Melilla im Westen. Die zweite Zone, öfters in der Gestalt von Halbinseln ins Meer hervorragend, besteht aus mehr oder minder fragmentarischen Vorkommnissen von Gneiss, Granit und altem Schiefergebirge, vom Edough bis zum langen Râs-el-Deir und, der Krümmung des Ufers folgend, bis zu den Säulen des Hercules. Den Zusammenhang der einzelnen Glieder dieser Zone haben französische Geologen längst erkannt, und Pomel hat sie in einem Gesammtbilde dieses Gebirgszuges schon vor mehreren Jahren trefflich geschildert.[34] Ueber dem Schiefergebirge liegt rothes, für permisch oder carbon gehaltenes Conglomerat und rother Sandstein; dann erheben sich die schroffen, hohen Schichtenköpfe des gefalteten Kalkgebirges, welches südwärts bis zur Hodna und darüber hinaus bis zur Sahara reicht. Es wiederholt sich, südwärts gewendet, in Nordafrika der Bau des Appennin.

Auch hier ist die Zone der krystallinischen Felsarten eingebrochen bis auf wenige Reste und ist das gefaltete Gebirge landeinwärts gestaut; auch hier bezeichnen vulcanische Gesteine die Region der Einbrüche, welche auch hier, wie an der Westküste Italiens, nicht nach langen Linien, sondern in vereinzelten Kesseln erfolgt zu sein scheinen, wie die aus den Trümmern der älteren Gesteine bestehenden Vorgebirge anzeigen.

Von diesen, den Mittelmeerküsten folgenden Ketten scheint jedoch der hohe Atlas, so weit er überhaupt bekannt ist, nicht nur dem Streichen, sondern auch der Zusammensetzung nach sehr verschieden zu sein. Er entfernt sich mit westsüdwestlichem Streichen weit von dem nördlichen Gebirge, welches bei Gibraltar sich nordwärts kehrt, und erreicht im Cap Ghir die atlantische Küste.

D. Die betische Cordillere.

Im Rîf und bis zu den Säulen des Hercules schwenken die nordafrikanischen Ketten in grossen Bogen gegen Nord und führen uns nach Europa zurück.

Das südliche Spanien zerfällt in drei natürliche Gebiete; das erste ist die Region der Ketten der betischen Cordillere, welche mit ostnordöstlichem Streichen die Küste des Mittelmeeres begleiten; dann folgt das etwa in gleicher Richtung verlaufende Thal des Guadalquivir, und jenseits dieses Flusses liegt der scharf gezeichnete Südrand der grossen iberischen Meseta, welcher derselben Richtung folgt. Diese ausgedehnte Meseta, deren wichtigstes Glied im Süden die Sierra Morena ist, gleicht in der weiten Verbreitung archäischer Felsarten, der Lückenhaftigkeit der mesozoischen Serie, in dem das Streichen der Felsarten durchschneidenden Umrisse, und in der weiter im Norden hervortretenden Transgression des Cenoman ganz und gar der böhmischen Masse oder dem französischen Centralplateau, und die Sierra Morena erhebt sich gegen den äusseren Rand etwa so, wie das Mannhartgebirge in Niederösterreich.

Unsere Aufmerksamkeit ist zunächst den betischen Ketten zugewendet, und um ihren Bau zu schildern, soll derselbe Weg verfolgt werden, den ich soeben bei Besprechung des nordafrikanischen Gebirges einzuschlagen versucht habe. Auch hier wollen wir uns vom Mittelmeere her dem Festlande nähern und die einzelnen Zonen aufsuchen und verfolgen.

In dem am weitesten entgegentretenden Theile des Festlandes, dem Cabo de Gata, begegnen wir einer ziemlich ausgedehnten Kette junger vulcanischer Vorkommnisse, durch deren Eruption die südöstliche Küste der Provinz Almeria bis in die Nähe von Mojacar gebildet wurde und welche sich von da in vereinzelten Punkten nordöstlich über Vera hinaus fortsetzen.[35] Kleinere Vorkommnisse von vulcanischen Felsarten sind noch weiter gegen NO. in der Nähe der Meeresküste sichtbar, und östlich von Cartagena wird nach Botella's Darstellung das kleinere, aus altem Schiefer bestehende Felsenstück, welches im Cabo de Palos endet,

durch eine Kette vulcanischer Höhen vom Festlande getrennt. Auch die kleinen Riffe in der Lagune Mar Menor bei Cartagena bestehen aus Trachyt und Basalt.[36]

So ist also der ganze südöstliche Rand der iberischen Halbinsel von Cabo de Gata bis Cabo de Palos mit jungen vulcanischen Bildungen besetzt; mit Ausnahme der Umgebung von Lissabon ist auch kein Theil der Küste heftigeren und häufigeren Erschütterungen der Erde ausgesetzt als dieser.[37]

Dieser vulcanischen Zone folgt landeinwärts ein sehr ausgedehntes Schiefergebirge, mit geringer Entwicklung von Gneiss, hauptsächlich aus granatführendem Glimmerschiefer, Talk- und Thonschiefer und aus Lagen von krystallinischem Kalkstein zusammengesetzt. Dieses Schiefergebirge beginnt im Osten mit dem schon erwähnten Rücken zwischen Cabo de Palos und Cartagena, zeigt sich in einzelnen Aufbrüchen nördlich von dieser Stadt und setzt sich gegen SW. fort. Dann bildet dasselbe mehrere sehr grosse antiklinale Sättel, welche von ONO. gegen WSW. streichen. Der erste dieser grossen Sättel oder Aufbrüche ist die Sierra Alhamilla, der nächste, nördlich von dieser, die weite Sierra de los Filabres.[38] Es reiht sich weiter an dieselben die grösste Wölbung dieser Art, die mächtige Sierra Nevada. Auch diese besteht nach den Angaben von Ansted[39] und Drasche[40] aus einer einfachen, gegen West allmälig an Höhe zunehmenden, dann steil endigenden Antiklinale von Glimmerschiefer, Thonschiefer und altem Kalkstein. Gonzalo hat diese grosse Masse neuerdings genau beschrieben und gezeigt, wie sie gegen SW. ihre weitere Fortsetzung in der schroffen Sierra de Almijara in der Nähe der Küste findet.[41]

Zwischen dem südöstlichen Theile der Sierra Nevada und dem Meere erhebt sich aber noch die durch ihren Reichthum an Blei und Zinkerzen berühmte Sierra de Gador, westlich von Almeria, welche eine triadische Scholle ist.[42]

Es erstreckt sich nun das alte Schiefergebirge weit in die Provinz Malaga, bis endlich, begleitet von Gneiss, Granit und archäischem Schiefer, oberhalb Marbella ein grosser Serpentinstock sichtbar wird. Dieser ist nach Mac Pherson's eingehender Beschreibung gegen NO. gegabelt, nimmt an dieser Seite Antheil

an der halbkreisförmigen Umrahmung der Hoya de Malaga und bildet gegen Südwest den ausgedehntesten, wenn auch nicht den höchsten Theil der Serranía de Ronda. Er fällt steil zum Meere ab; bei Marbella sieht man noch am Meeressaume einen schmalen verworfenen Saum von Schiefer und mesozoischen Schichten. Ein ebenfalls von Verwerfungen begleiteter Saum von stark gefalteten dolomitischen Lagen, die für paläozoisch gehalten werden, begleitet die alten Gesteine der Serranía de Ronda und westlich von Marbella, bei Manilba, enden in der Nähe des Meeresufers der Serpentin und der alte Dolomit.[43]

Hiemit ist das Gebiet der älteren Felsarten in der betischen Cordillere abgeschlossen. Niemals hat man in diesem ausgedehnten Schiefergebirge bisher organische Reste angetroffen, obwohl auf der gegenüberliegenden Meseta nahe dem Rande, z. B. in der Nähe von Alcaráz in der Provinz Murcia, von Verneuil schon vor vielen Jahren silurische Petrefacten nachgewiesen worden sind. Dieser so vielfach an alpine Vorkommnisse mahnenden Schieferzone folgt nun eine Zone von mesozoischem und eocänem Alter, welche von Verwerfungen vielfach durchschnitten und in hohem Grade gefaltet ist.

Wir betrachten zuerst die vereinzelte Kalkscholle von Gibraltar. Bei einer Untersuchung dieses Punktes haben kürzlich Ramsay und Geikie das gegenüberliegende afrikanische Ufer besucht, dort den bereits erwähnten alten Thonschiefer bei Ceuta mit westlicher Neigung angetroffen und sich von der Uebereinstimmung des Djebel Mousa oberhalb Ceuta, d. i. der zweiten Säule des Hercules, mit dem Felsen von Gibraltar in Streichen und Gestein überzeugt. Wir haben also anzunehmen, dass diese höchst wahrscheinlich jurassische Kalkzone von Afrika nach Europa herüberstreicht. Der Fels von Gibraltar selbst, welcher von einer grossen Verwerfung durchschnitten ist, streicht erst Süd—Nord und weiter gegen Nord wendet sich sein Streichen mehr und mehr gegen Nordost.[44]

Dieser Richtung folgend, erreichen wir den nördlicheren, aus mesozoischem Kalkstein und eocänen Schichten bestehenden, hoch aufgefalteten und von zahlreichen im Streichen liegenden Brüchen durchsetzten Theil der Serranía de Ronda, deren südlicher archäi-

scher oder paläozoischer Theil bereits erwähnt worden ist. Dieser Gebirgstheil ist der Gegenstand mehrerer inhaltsreicher Schriften von Mac Pherson geworden,[45] in welchen auch zum ersten Male hervorgehoben wurde, dass der ganze Gebirgszug des nördlichen Afrika nicht durch eine Bewegung der Massen gegen Nord, sondern durch eine süd- oder südostwärts gerichtete Bewegung gebildet worden sei.[46]

Die betische Cordillere ist als ein nord- oder nordwestwärts gefaltetes Gebirge anzusehen; ‚das gewaltige Phänomen der Faltung, der Brüche und der einseitigen Structur, welche die Zusammensetzung aller Sierren, welche die Cordillera Bética bilden, beherrscht, scheint mir,' sagt Mac Pherson, ‚einfach das Ergebniss jenes ausserordentlichen seitlichen Druckes zu sein, welcher diesen Theil der Erdrinde gegen die bereits zur Faltung unfähige Masse der centralen spanischen Meseta presste. . .'[47]

Die Verwerfungen, welche die Serranía de Ronda durchsetzen, und welche die stark gefalteten einzelnen Streifen des Gebirges in einzelnen Fällen in sehr abnorme Stellung zu einander gebracht zu haben scheinen, können diese schon durch die Vertheilung der Felsarten im Grossen vorgezeichnete Auffassung nicht beirren. Sie enthält ihre weitere Bestätigung in den weiter gegen Nordost gesammelten Beobachtungen, insbesondere durch das von Ortuega veröffentlichte Profil über die Sierra de Abdalagis nördlich von Alora in der Provinz Malaga.[48] Diese mesozoische Zone streicht gegen ONO. über Lorca und Murcia und nördlich von diesen Städten, wenn auch mehrfach von jungtertiären Ebenen unterbrochen, fort und erreicht in der Provinz Alicante das Meer.

Den äusseren, nördlichen Saum der betischen Cordillera begleiten in den Thälern des Guadalete und des Guadalquivir zunächst heftig gefaltete tertiäre Schichten. Endlich sinken sie unter die Ebene; es folgen die Alluvien des Guadalquivir und bei Sevilla ist der steile Rand der Sierra Morena und der centralen Meseta erreicht.

Man trifft demnach in diesem Theile der iberischen Halbinsel, vom Mittelmeere landeinwärts schreitend, zuerst eine Gruppe jüngerer vulcanischer Bildungen von Cabo de Gata bis Cabo de Palos, dann eine gegen Ostnordost streichende Zone von altem

Schiefergebirge. welchen wir die Serpentinmasse der Serranía de Ronda sammt den begleitenden älteren Felsarten zuzählen und deren hervorragendstes Glied die Sierra Nevada ist. Sie reicht von Malaga bis Cabo de Palos. Dieser Zone folgt eine Zone von mesozoischem Kalkstein und eocänen Schichten, welche vom Felsen von Gibraltar mit seinem bogenförmig gekrümmten Streichen über die nördlichen Theile der Serranía de Ronda gegen die Sagra Sierra sich fortsetzt und bis in die Provinz Alicante zieht. Ausserhalb dieser Zone liegen die gefalteten Tertiärschichten der Ebene des Guadalquivir, dann folgt der Fluss, dann die entgegenstehende Meseta.

Das ist dieselbe Reihenfolge, wie sie im nördlichen Afrika, im Appennin, in den Karpathen mit geringen örtlichen Abänderungen angetroffen wird. Die betische Kette wendet dem Mittelmeere den abgebrochenen Innenrand zu, an welchem vulcanische Eruptionen stattgefunden haben; der gefaltete Aussenrand ist gegen die Meseta gerichtet.

Ob diese Kette, wie mehrfach vermuthet worden ist, ihre Fortsetzung in den Balearen findet, wage ich trotz der vorliegenden trefflichen Studien über diese Inseln nach dem verwickelten Baue derselben nicht zu entscheiden.

E. Die Anordnung der Leitlinien.

Die weitgehende Uebereinstimmung in der Structur dieser Ketten und die eigenthümliche und wiederholte Ablenkung der Falten laden zu dem Versuche ein, absehend von allen nebensächlichen Abweichungen, in dem Verlaufe jener grossen Faltungen der Erdrinde in Südeuropa, welche unter dem Namen des Alpensystems zusammengefasst worden sind, die hauptsächlichen Streichungslinien, gleichsam die Leitlinien der Falten, aufzusuchen und zu verzeichnen.

Die nebenstehende Figur gibt hievon einen allerdings rohen und sehr schematischen Versuch.

Ein nach Nordwest convexes Bogenstück zeigt das Juragebirge; sein südliches Ende ist den Nordalpen entschieden näher

als das nordöstliche. Die Bewegung der Falten ist nach aussen gerichtet.

Die Alpen beginnen westlich von Genua; innerhalb des Juragebirges dehnt sich der Bogen ihrer Faltungen erst gegen Nord, dann mehr und mehr gegen Ost. Es sind hier mehrere concentrische Leitlinien eingezeichnet, entsprechend dem Anschaaren mehrerer Ketten in dieser Region. Die nördlichste dieser Linien wendet sich um das südliche Ende der böhmischen Masse und bildet den Bogen der Karpathen, welcher übertritt über Theile der Sudeten und der russischen Platte. Auch auf dieser Linie ist die Bewegung stets nach aussen gerichtet, erst gegen West und Nord, wie im vorliegenden Juragebirge, dann mit allmäliger Wendung aus Nord wieder mehr gegen Nordwest in Mähren, dann in



Fig. 26. Schematisirter Entwurf der Leitlinien des Alpensystems.

Galizien gegen Nord, endlich in der Moldau und der Wallachei gegen Ost und Südost.

Eine andere Leitlinie verläuft aus den Alpen längs des Plattensees gegen Nordost; das ist die Linie des ungarischen Mittelgebirges; die Bewegung ist hier gegen Nordwest gerichtet.

In Siebenbürgen verzeichnen wir innerhalb des Buges des Maros-Flusses ein Bogenstück, welches gegen Ost und Süd gewölbt ist; es ist dies der Rand des siebenbürgischen Erzgebirges. Die faltende Kraft ist auch nach aussen, d. i. gegen Ost, Südost und Süd gerichtet.

Die letzten Beobachtungen Toula's im westlichen Balkan verrathen einen so ausserordentlich verwickelten Bau, dass ich es noch nicht unternehmen kann, diese Betrachtungen auf den Balkan auszudehnen.[49]

Der Appennin scheint in der Bucht von Genua mit einer Krümmung gegen Nord zu beginnen; dann wendet sich der Gebirgszug gegen Südost; die faltende Kraft ist hier gegen Nordost gewendet.

In Sicilien ziehen wir ein Linienstück beiläufig von Ost gegen West; es entspricht jenem Gebirgsstücke, dessen archäischer, mit den calabrischen Gebirgen übereinstimmender Kern in dem nordöstlichen Theile der Insel sichtbar ist; hier geht die faltende Kraft gegen Süd.

Als eine Fortsetzung dieses Bruchstückes erscheint die gegen WSW. laufende Linie des nördlichen Afrika; sie beugt sich im Westen gegen Nord. Auf dieser Linie ist die Faltung gegen Süd, dann, entsprechend der Beugung, mehr und mehr gegen West gerichtet.

Diese Beugung tritt bei den Säulen des Hercules nach Europa herüber und scheint eine volle Verbindung zwischen den Falten des nördlichen Afrika und jenen der betischen Cordillere zu vermitteln.

Die Leitlinie dieser Cordillere streicht gegen ONO.; die Faltung ist gegen NNW. gewendet.

Will man die alten Massen von der iberischen Meseta bis zur russischen Platte als Nordgrenze des Alpensystems ansehen, so ist hiemit die Reihe der langen Hauptfalten geschlossen; will man, da ja auch im Innern der besprochenen Ketten fremde Massen, wie die von Mojsisovics kürzlich betonte serbisch-croatische Masse, keineswegs zu fehlen scheinen, auch die Pyrenäen in dieser Gruppe von Gebirgszügen nennen, so erhält man noch eine lange, beiläufig von WNW. nach OSO. verlaufende Linie, in welcher die faltende Kraft nach NNO. gerichtet zu sein scheint.

Auf diese Weise ergibt sich eine Anzahl von Linien, welche auf eine sehr eigenthümliche Weise wirbelförmig angeordnet und mit Ausnahme der Pyrenäen alle in demselben Sinne gefaltet sind. Die Mitte dieses Wirbels liegt südwestlich von Genua.[50]

So lange man nur die in Europa liegenden Theile des Alpensystems betrachtet, scheinen sie allerdings mit geringen, den äussersten Theilen der Ketten angehörigen Ausnahmen nach Nordwest, Nord oder Nordost bewegt. Schon in Sicilien hat sich aber das Verhältniss geändert; die Einbeziehung der nordafrikanischen Kette ändert vollständig das Bild.

Die Art der Auffassung dieser grossen Curven bedarf allerdings noch einer Erläuterung. Bei dem stetigen Verlaufe des äusseren Umrisses der meisten dieser Ketten und den vielfachen Unterbrechungen, welche die inneren Zonen erleiden, wurde neben dem Streichen etwa der Mitte der gefalteten mesozoischen Aussenzone der äussere Umriss als Anhaltspunkt zur Verzeichnung der Curve gewählt. Darum kommt z. B. die grosse Verschiebung, welche innerhalb der Alpen vom oberen Tessin gegen Nordost sich zu vollziehen scheint, gar nicht zum Ausdrucke. Von eben so grossem Einflusse ist dies für die Linie des Appennin. Nachdem man auf Corsica durch Dieulafait die Länge der rhätischen Zone kennen gelernt und Lotti gezeigt hat, dass die Serpentine Corsica's ein eben so hohes Alter besitzen als jene der See-Alpen und Ligurien's, und dass sie vielleicht nur die Fortsetzung der alpinen Vorkommnisse seien, welche sich bis Elba und möglicherweise noch weiter bis Giglio und zum M. Argentario erstrecken könnte, hat die Ansicht Boden gefasst, dass die wahre Fortsetzung der alten calabrischen Gesteine auf Corsica zu suchen sei.[51]

Ohne weiteren Untersuchungen vorgreifen zu wollen, will ich bemerken, dass der äussere Umriss des Appennin nicht für eine solche Erklärung spricht, dass es nach den heutigen Beobachtungen vielmehr scheint, als seien hier Bruchstücke eines selbständigen, an die Innenseite des Appennin anschaarenden Gebirgszweiges vorhanden, dass aber selbst in dem Falle der Bestätigung dieser neueren Ansicht die wesentlich auf das Streichen der äusseren Zonen begründete Anlage dieser Curven hiedurch nur wenig beeinflusst würde.[52]

Um so bemerkenswerther ist aber gegenüber den Beobachtungen auf Corsica die Thatsache, dass in Sardinien die Merkmale eines ausseralpinen Landstriches immer mehr in den Vordergrund treten, wie namentlich durch Bornemann's Nachweis von

transgredirender ausseralpiner Trias in dem südwestlichen Theile der Insel, welche mir sehr an die rothen transgredirenden Schollen der iberischen Meseta zu erinnern scheint.[53]

So bleiben in diesem Theile der Mittelmeer-Region mehrere wichtige Fragen offen. —

Zwei Umstände mögen hier noch betont werden.

Der erste ist die auffallende Uebereinstimmung des westlichen Mittelmeerbeckens mit der ungarischen Ebene. Jedes dieser Gebiete liegt innerhalb des Bogens einer grossen Erdfaltung, umgeben von zahlreichen grösseren und kleineren Einbrüchen, welche mit Vulcanen besetzt sind und bald mehr, bald weniger tief in den paläozoischen, den mesozoischen Kalkgürtel oder in den Flyschgürtel eingreifen, die, bald mehr, bald weniger deutlich von einander gesondert, den gefalteten Wall zusammensetzen.

Der zweite Umstand besteht darin, dass trotz der augenscheinlichen Jugend mancher sehr grosser und allgemeiner Bewegungen dennoch dieses Gebirgssystem gewiss nicht ganz und gar einer jungen Zeit angehört. Auf den entblössten älteren Felsarten finden sich nämlich Transgressionen vor, welche in vieler Beziehung an die Transgressionen auf den Horsten des Vorlandes mahnen.

Mittlere und obere Kreide und Oligocän bezeichnen zwei Hauptstufen der Transgression im ausseralpinen Deutschland. In Kärnten und westlich von Graz liegen Kreideschichten unmittelbar auf Devon und noch älteren Gesteinen. In Kärnten und Krain dringen oligocäne Ablagerungen von dem Alter der Schichten von Sangonini und von Castel Gomberto in das Gebiet der Triaskalke und der krystallinischen Schiefer. Am Col de Chaberton in den Cottischen Alpen liegen mitten in Gebieten, deren Felsarten für sehr alt gehalten werden, Kalksteine der Kreideformation. Bei Genua liegt eine grosse oligocäne Flyschmasse auf granitischen Gesteinen; die Kohle mit Anthracotherium magnum liegt bei Savona unter dieser Flyschdecke unmittelbar auf Granit. Die Transgressionen im östlichen Calabrien und das Uebergreifen der afrikanischen Cenomanschichten auf den Granit im nordöstlichen Sicilien habe ich bereits erwähnt. Auf die kabylische Masse greift der Flysch.

Ebenso findet man innerhalb dieser grossen Curven einzelne Strecken, auf welchen solche Transgressionen sichtbar sind. An dem inneren grossen Bruchrande der Karpathen, auf den vereinzelten Stöcken von Gneiss und Glimmerschiefer, welche im nordwestlichen Siebenbürgen, südlich von dem Trachytgebirge von Nagy-Bánya, hervortreten, beginnt die Transgression mit obercretacischen Schollen.[54] In Croatien, dann bei Fünfkirchen und in mehreren Theilen des südlichen Ungarn trifft man auf eine Anzahl völlig ausseralpiner Merkmale.

Gerade diese Thatsache, das Wiedererscheinen gewisser Transgressionen innerhalb der grossen Leitlinien der Gebirgszüge und sogar auf den älteren Zonen dieser Gebirgszüge selbst, wie in Kärnten und in Sicilien, ist von wesentlicher Bedeutung und lässt sich ohne die Vergleichung anderer Gebirgsketten nicht beurtheilen.

Die alpinen Linien sind nicht ganz ohne Parallele auf der übrigen Erdoberfläche. Die nächste Annäherung an eine solche Anordnung findet sich, so weit die heutigen Erfahrungen reichen, in der Art der Umrandung des caraibischen Meeres.

Die Leitlinien anderer grosser Gebirge sind nun aufzusuchen. Bevor jedoch dieser Versuch unternommen wird, bleibt das grosse Senkungsfeld zu betrachten, in dessen Tiefe das adriatische Meer liegt, welches mit seinen grossen gegen innen überschobenen Bruchlinien bis über den See von Idro, bis Meran und bis Idria in die Alpen hereingreift, und durch welches die Beziehungen der auf Fig. 26 nicht verzeichneten dinarischen Gebirgszüge zu den Alpen in so hohem Masse beeinflusst werden.

Anmerkungen zu Abschnitt II: Die Leitlinien des Alpensystems.

[1] Gümbel, Ausflugskarten in das Tertiärgebiet von Miesbach und in den Hochgebirgsstock zwischen Tegernsee und Wendelstein; gewidmet der deutschen geol. Ges.; München, 1875.

[2] K. M. Paul, Ueber die Lagerungsverhältnisse in Wieliczka; Jahrb. geol. Reichsanst., XXX, 1880, S. 688.

[3] Ders., Die Petroleum- und Ozokeritvorkommnisse Ost-Galiziens; ebendas. XXXI, 1881, S. 163.

[4] G. Cobalcescu, Geol. Untersuchungen im Buzeu'er Districte; Verhandl. geol. Reichsanst. 1882, S. 227—231.

[5] E. v. Mojsisovics, ebendas. 1883, S. 3.

[6] Verhandl. geol. Reichsanst. 1877, S. 71.

[7] P. Lehmann hat im Fogarascher Gebirge nur eine gegen N. und S. abfallende Antiklinale von alten Felsarten getroffen; Beobachtungen über Tektonik und Gletscherspuren im Fogarascher Hochgebirge, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1881, XXXIII, S. 109—117, Taf. XIV.

[8] Lóczi, L., Jelentés a Hegyes-Drocsa-Hegységben tett földtani Kirándulásokról; Földtani Közlöny, 1876, 8°, Budap., S. 22, 23.

[9] G. Seguenza, Breve nota int. le formazione primarie e secondarie della Prov. di Messina; Bollet. Comit. géol. d'Ital. 1871, II, p. 49, 97, 145 (vgl. Anmerk. zu I. Abschnitt II, S. 138, Note 19), und insbes. Cortese in Bollet. Comit. geol. 1882, p. 348.

[10] G. G. Gemmellaro, Sul Trias della Regione occid. della Sicilia, Accad. di Lincei, 1881—1882, 3° ser., XII; aus Geröllen sind auch vortriadische Cephalopoden bekannt geworden, welche solchen aus dem Sandstein von Artinsk zunächst stehen; Mojsisovics, Verhandl. geol. Reichsanst. 1822, S. 31.

[11] Mottura, Appendice alla Memoria sulla Formazione terz. nella zona solfifera di Sicilia; Mem. r. Comit. geol. 1872, II, p. 5—8.

[12] R. Travaglia, La sezione di Licodia-Eubea e la serie dei terr. nella regione S. E. della Sicilia, Bollet. 1880, XI, p. 250, 597; Ippol. Cafici, ebendas. p. 195.

[13] An mehreren Orten, so z. B. in Coquand, Descript. géol. de la partie septentr. de l'emp. du Maroc, Bull. soc. géol., 1847, 2e sér., IV, p. 1189, und: Sur la format. crétac. de Sicile, ebendas. 1866, 2e sér., XXIII, p. 497—504.

[14] A. Pomel, Le Sahara, Observ. de géol. et de géogr. phys. et biol. avec des aperçus sur l'Atlas et le Soudan; Publ. de la soc. de climat. d'Alger. 1872, p. 32; G. Stache, Geol. Touren in der Regentschaft Tunis, Verhandl. geol. Reichsanst. 1876, S. 34—38; Tchihatcheff, Espagne, Algérie et Tunisie, 8°, Paris, 1880, p. 495.

[15] Ich folge hier der Darstellung von Vélain, Constit. géol. des îles voisines du littoral de l'Afrique, du Maroc à la Tunisie, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 73. Renvu hat vor längerer Zeit eine geol. Karte der Insel veröffentlicht und die porphyrartigen Varietäten des Trachytes für Granit angesehen; Explor. scientif. de l'Algérie, 4°. 1848, Géologie, p. 61, pl. II. Auch Issel hat auf Galita Granit verzeichnet und betrachtet die Insel als eine Fortsetzung Sardinien's; Ann. Mus. civ., Genova 1879—80, XV, p. 250.

[16] A. Pomel, Descript. et Carte géol. du Massif de Milianah; Soc. de Climatol. Algérienne, 1872, p. 130—138.

[17] Bleicher, Rech. sur l'origine des éléments litholog. des terr. tert. et quat. des env. d'Oran, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 700, und: Note sur la géol. des environs d'Oran, Bull. soc. géol. 1875, 3e sér., III, p. 187—195.

18 Vélain, a. ang. Orte p. 72.

19 Pouyanne, Notice géol. sur la subdivis. de Tlemcen; An. des Mines, 1877, 7e sér., XII, p. 138.

20 Vélain, a. ang. Orte p. 71. und: Sur un feldspath orthose vitreux des pouzzolanes de l'île Rachgoün, Comptes rend. 1874, t. 79, p. 250.

21 Vélain, a. ang. Orte.

22 F. M. Dávila, Isla de Alboran; Boletin de la Comis. de Mápa géol. d'Esp., 1876, III, p. 177—179.

23 Eine höchst ausführliche Schilderung des Edough hat Coquand geliefert; Descr. géol. de la prov. de Constantine, Mém. soc. géol. 1854, 2e sér., V, p. 12 u. folg.; die Schieferzone bei L. Hardouin, Sur la géol. de la subdiv. de Constantine, Bull. soc. géol. 1868, 2e sér., XXV, p. 328, pl. V; auch Parrant, Carte géol. du dép. de Constantine par Tissot, ebendas. 1882, 3e sér., X, p. 299—306.

24 A. Péron, Sur la constit. géol. des Montagnes de la grande Kabylie. — Sur les roches du massif d'Alger et d'autres points du littoral afric., Bull. soc. géol. 1867, 2e sér., t. XXIV, p. 627—652; Note von P. Marès, ebendas. 1867, 2e sér., t. XXV, p. 135, und insbes. L. Ville, Etudes géol. faites dans la Kabylie, ebendas. t. XXV, p. 251—276, pl. III.

25 Renou, Descr. géol. de l'Alg., p. 66—74; Profil des Vorgebirges, pl. III, Fig. 22; P. Marès in Bull. soc. géol. 1861, p. 365—368 u. a. and. Ort. — Cap Matifou hat kürzlich Tchihatcheff etwas ausführlicher besprochen in: Espagne, Algérie et Tunisie, p. 206 u. folg.

26 Pouyanne, Tlemcen, p. 84, 135.

27 Bleicher, Récherches sur les terr. antérieurs au jurassique dans la prov. d'Oran; Bull. soc. géol. 1880, 3e sér., VIII, p. 303—309. Hier scheint es auch, z. B. bei Nedroma, an der Strasse SO. von Nemours, nicht an Contacterscheinungen zwischen Granit und Schiefer zu fehlen; Chiastolith- und Andalusit-führende Schiefer treten in diesem Gebiete auf.

28 H. Coquand, Descr. géol. de la partie septentr. de l'empire du Maroc, Bull. soc. géol. 1847, 2e sér., t. IV, p. 1198—1205. Lenz hat kürzlich Thonglimmerschiefer bei Ceuta erwähnt; Mittheil. der afrikan. Ges. 1880, II, S. 76.

29 v. Fritsch, Ueber die geol. Verhältnisse von Marokko; Zeitschr. ges. Naturwiss. 1881, 3. Ser., VI, S. 204.

30 Z. B. Coquand, Prov. de Constantine, p. 44—60; Maroc, p. 1218.

31 Mourlon, Esquisse géol. sur le Maroc, 18 pp., aus dem Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 1870, 2e sér., t. XXX (nach Aufsammlungen von Desguin); Bleicher, Sur la géol. des régions comprises entre Tanger, el Araich et Meknès, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 1712—1716.

32 Brossard, Constit. phys. et géol. de la subdivis. de Setif, Mém. soc. géol., 2e sér., VIII, p. 271, pl. XX für den Südrand im Setif, namentlich in der Niederung von Zahrez; für westliche Strecken im Gebiete des Nahr Uassal: Bourguignat, Etudes géol. et paléont. des Hauts Plateaux de l'Atlas entre Boghar et Tibaret, 4°, Paris, 1868, wo p. 33 sogar eine flache Sattelwölbung beschrieben wird, an welcher quarternäre Schichten theilnehmen sollen.

33 G. Rolland, Sur le terr. crét. du Sahara septentrional, Bull. soc. géol. 1881, 3e sér., IX, p. 510—515; für den Südrand des Aoures-Gebirges: Dubocq, Mém. sur la constit. géol. des Zibân et de l'Ouad R'ir, Ann. des Mines, 1852, 5e sér., II, p. 249—330, und für den westlich folgenden Theil bis weit in die Wüste hinaus: Ville, Explor. géol. du Beni Mzab, du Sahara et de la rég. des steppes de la Prov. d'Alger, 4°, Paris, 1867.

34 Coquand, Constantine, p. 43 u. a. and. Ort.; Pomel, Le Sahara, p. 26.

35 F. M. Donayre, Datos para una Reseña física y geológica de la region S. E. de la Prov. de Almeria; Boletin de la Comision del Mápa geol. de España, 1877, IV, p. 16—31.

36 Fed. de Botella y de Hornos, Descripc. Geol. Min. de las Provincias de Murcia y Albacete, Fol., Madrid, 1868, Specialkarte von Cartagena, p. 43.

37 Es reicht hin, an das Erdbeben vom 10. Juni 1863 zu erinnern, welches das Thal des Almanzora-Flusses erschütterte und welchem lange Unruhe folgte; C. de Prado, in Perrey, Tremblem. de terre en 1863, p. 139, 172 u. folg.

38 Donayre, a. ang. Orte p. 31—50; L. N. Monreal, Apuntes fis. geol. referentes a la Zona central de la Prov. de Almeria; Bolet. 1878, V, p. 54—76.

39 D. T. Ansted, On the Geol. of Malaga and the Southern Part of Andalusia; Quart. Journ. geol. Soc. 1859, XV, p. 588.

40 R. v. Drasche, Geol. Skizze des Hochgebirgstheiles der Sierra Nevada; Jahrb. geol. Reichsanst. 1879, XXIX, S. 93—111.

41 D. Joaq. Gonzalo y Tarin, Reseña fis. y geol. de la Prov. de Granada; Bolet. Com. Mapa geol. 1881, VIII, insbes. p. 13 u. folg., lam. A.

42 Ders.: Edad. geol. de las Calizas metalif. de la Sierra de Gador; ebendas. 1882, IX, p. 97—111.

43 J. Mac Pherson, Relacion entre las formas orográficas y la Constitución geol. de la Serrania de Ronda, 8°, Madrid, 1881, 34 pp. und Karte.

44 A. C. Ramsay und J. Geikie, On the Geol. of Gibraltar; Quart. Journ. geol. Soc. 1878, XXXIV, p. 513. Nach dem Vorkommen einer für Rhynchonella concinna gehaltenen Art wird der Kalk von Gibraltar zum Jura gerechnet. Die im Westen auflagernden Schiefer und Sandsteine von S. Roque und Algesiras, welche auch in der grossen Verwerfung im Fels von Gibraltar erscheinen, bilden wohl die Fortsetzung der unteren Kreide und des Flysch der Gegend von Tanger.

45 Mac Pherson, Breve Noticia acerca de la especial Estructura de la Peninsula Ibérica, aus den Ann. de la Soc. Esp. de Hist. Nat. 1879, VIII, 26 pp.; Estudio geol. y petrogr. del Norte de la Prov. de Sevilla, Bolet. Com. Mápa geol. 1879, VI, insbes. p. 156—172; Uniclinal Structure of the Iberian Peninsula; Ann. de la Soc. Hist. Nat. 1880, IX, vgl. auch Anm. 43.

46 Mac Pherson, Uniclin. Structure, p. 24, 25.

47 Mac Pherson, Sevilla, p. 171.

48 Dom. de Orueta, Bosquejo fis. geol. de la region septentr. de la Prov. de Málaga; Bolet. Com. Mápa geol. 1877, IV, lam. D.

49 F. Toula, Grundlinien der Geol. des westlichen Balkan; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1881, XLIV b, S. 1—56, Taf. I—IV und Karte.

50 H. Habenicht, Die Grundzüge im geol. Baue Europa's, 8°, Gotha, 1881, mag hier darum erwähnt werden, weil in dieser Schrift (Carton 3) der erste mir bekannte, wenn auch mangelhafte und insbesondere durch irrige Auffassung des Appennin beirrte Versuch einer kartographischen Darstellung der Faltungslinien des Alpensystems enthalten ist.

51 Hollande, Géol. de la Corse, Ann. des Sciences géol., 1877, IX, Art. 2, 114 pp., pl. VIII—XII; Dieulafait, Serpentines de la Corse, leur âge et leur origine, Comptes rend. 1880, t. 91, p. 1000—1003; H. Reusch, Note sur la Géol. de la Corse, Bull. soc. géol. 1882, 3e sér., XI, p. 56—67; B. Lotti, Appunti geol. sulla Corsica, Bollet. Comit. geol. 1883, 2° ser., IV, p. 65—73.

52 C. J. Forsyth-Major, Die Tyrrhenis; Zeitschr. Kosmos, 1883, VII, S. 104.

53 G. Bornemann, Sul Trias nella parte merid. dell' isola di Sardegna; Bollet. Comit. geol. 1881, 2° ser., II, p. 267—275, 2 Taf.

54 C. Hofmann, Bericht über die im Sommer 1882 im südöstl. Theile des Szathmárer Comitates ausgeführten geol. Specialaufnahmen; Földt. Közlöny, 1883, XIII, S. 106.

DRITTER ABSCHNITT.

Die adriatische Senkung.

Bedeutung des Adamello. — Die Judicarienlinie. — Astabrüche. — Zwischen Judicarien und dem Bruche von Schio. — Im Norden der Astabrüche. — Drau- und Gailbrüche. — Dinarische oder Karstbrüche. — Junge Erweiterung des adriatischen Meeres. — Uebersicht.

Eine einheitliche und stetige Curve bezeichnet, sagten wir, den Nordrand der Alpen; sie lässt sich leicht auch dort verfolgen, wo in Niederösterreich und Mähren Theile des äusseren Randes zur Tiefe gesunken sind, und der Nordrand der Karpathen entspricht der Fortsetzung dieser selben stetigen Curve.

Der Gegensatz zwischen diesem Aussenrande und dem zertrümmerten, von grossen vulcanischen Ergüssen begleiteten Innenrande des karpathischen Zuges ist oft erwähnt worden, aber der Gegensatz, welcher zwischen dem nördlichen und dem südlichen Saume der Alpen besteht, ist auch so gross, dass man sogar auf weite Strecken im Zweifel bleiben mag, wo denn überhaupt der südliche Rand der Alpen zu verzeichnen sei.

Besteigen wir am frühen Morgen den Dom zu Mailand, so erblicken wir von den Seealpen zu unserer Linken bis weithin zur breiten Masse des Monte Rosa und noch weiter zur Rechten einen herrlichen, die reiche Ebene umfassenden Bogen weisser Gipfel und Ketten. Hier ist allerdings der Südrand der Alpen scharf gezeichnet; gerade hier ist auch die Verschiedenheit der Gesteine des nördlichen und des südlichen Randes der Alpen am grössten.

Alte Felsarten bilden diesen breiten Bogen; B. Studer wusste schon vor vielen Jahren, dass derselbe der Bruchrand eines weiten Senkungsfeldes sei, welches von der lombardischen Ebene bedeckt ist, und es ist höchstens die vereinzelte Hügelgruppe der Superga, südlich von Turin, welche mit ihren südwärts geneigten Schichten als ein Bruchstück dieser gesunkenen Masse angesehen werden mag.

Erst vom Lago Maggiore an gewinnt ein Saum von mesozoischen und tertiären Ablagerungen am Südrande des Gebirges einige Bedeutung. Suchen wir seinen Fuss als den Südrand der Alpen festzuhalten, so führt er uns über Como und Bergamo gegen Brescia; östlich von dieser Stadt bleiben wir in Zweifel, ob den nackten und karstähnlichen Hügeln des unteren Lias zu folgen sei, welche gegen Nordost die Weitung der Ebene bis Salo am Gardasee umgrenzen. Wir folgen ihnen nicht, sondern bleiben in der bisherigen gegen OSO. zielenden Richtung Como—Bergamo—Brescia. Sie leitet uns südlich vom Gardasee gegen Verona; nun wendet sich aber der Bergesrand mehr und mehr aus OSO. gegen Südost und wir gelangen weit hinab gegen Este, an das südliche Ende der euganäischen Berge. Wo aber liegt nun die weitere Fortsetzung des Alpenrandes, und liegen Padua und Treviso und die ganze venetianische Niederung von Vicenza bis Görz wirklich innerhalb der Alpen?

Adamello. Wir treten in die Alpen selbst ein und suchen zunächst die aus Granit und Tonalit zusammengesetzte Gebirgsmasse des Adamello auf, welche sich nördlich vom See von Idro, an der Grenze Tirols und der Lombardei, zwischen dem Judicarienthale im Osten und Val Camonica im Westen erhebt. Oestlich von Cedegolo wird die granitische Masse durch von beiden Seiten vortretendes Sedimentgebirge so sehr eingeengt, dass man mit mehr Recht von zwei durch einen schmalen Streifen zusammenhängenden granitischen Gebieten sprechen möchte, von welchen das südliche weniger hoch und weniger ausgedehnt ist und Rè di Castello (2879 M.), Cima di Danerba (2844 M.), Corno Busecca (2660 M.) u. A. umfasst, während dem nördlichen Gebiete Adamello (3547 M.), Caré alto (3461 M.), die Firn- und Gletscherfelder nördlich von Val di Fumo, dann in weiterer Fortsetzung die Cima Presanella (3561 M.) und ihre Umgebung zufallen.

Es ist bereits erwähnt worden, dass sich an dem Saume dieser granitischen Massen im Triaskalkstein Erscheinungen des vulcanischen Contactes wie bei Predazzo zeigen (S. 209).

Schon als im Jahre 1846 der um die Kenntnisse Tirols hochverdiente J. Trinker die östlichen Abhänge dieser Gebirgstheile untersuchte, fand er, dass der Kalkstein ‚in krystallinische Gebilde umgewandelt ist, wo er mit plutonischen Felsarten zusammentrifft', so in Val di Breguzzo und Val di Daone, und erwähnte er das Vorkommen von Granat mit Kalkstein in Val di Daone.[1] Nicht lange darauf beschrieb Escher, welcher von Westen her den Rand des Granites erreicht hatte, am Lago d'Arno, welcher oberhalb Cedegolo in einem Seitenthale des Val Saviore liegt, einen ‚Streifen höchst eigenthümlicher Gesteine, die zum Theile in hohem Grade an die Silicatbildungen der Sommablöcke im Tuffe von Neapel oder an die Contacterscheinungen am Monzoni erinnern'.[2] Curioni, Ragazzoni, Bittner haben einzelne Theile dieser merkwürdigen Umrandung beschrieben;[3] die ausführlichsten Angaben sind von Lepsius[4] und Stache[5] gegeben worden.

Lepsius hat im Südosten die Contactzone auf eine Länge von 15 Kilom. verfolgt, das triadische Alter der in Marmor umgewandelten Kalkbänke ausser Zweifel gesetzt, das häufige Vorkommen von Granat, Vesuvian, Epidot, Wollastonit und anderen bezeichnenden Mineralien vulcanischen Contactes an vielen Punkten nachgewiesen und den Tonalitstock als die Quelle der Umwandlung anerkannt. Nichtsdestoweniger schrieb er dem Tonalit archäisches Alter zu und gelangte zu der Annahme, dass derselbe passiv aus jener Tiefenstufe hervorgehoben worden sei, ‚in welcher derselbe eine solche Eigenwärme besass, die nicht genügte, um den Tonalit zu schmelzen oder in einen plastischen Zustand zu versetzen, die aber hinreichte, um die Contactmetamorphose zu bewirken'.[6]

Auf noch weit grössere Erstreckung hat Stache dieselben Randbildungen in ihrem unregelmässig schleifenförmigen Eingreifen in die Tonalit- und Granitmasse rings um den Südost-, Süd- und Westrand der Masse verfolgt und in seiner letzten Veröffentlichung über diesen Gegenstand an der Westseite weit gegen Nord früher für viel älter gehaltene Gesteine als Umwandlungen des Servino, also der tiefsten Theile der Triasformation erkannt. Stache

hält für sicher, dass in der östlichen, südlichen und westlichen Umgebung des Adamellogebirges während der permischen und triadischen Zeit sich Perioden vulcanischer Thätigkeit wiederholten, während die zahlreichen Einschaltungen von deckenartigen dioritischen Lagermassen in die Randzone denselben zu der Meinung führten, diese Gesteine seien als eine schon ursprünglich unter aussergewöhnlichen Verhältnissen gebildete ‚epikrystallinische oder eventuell subvulcanische Facies' anzusehen. Zugleich hebt jedoch Stache mit Recht hervor, dass in keiner der Conglomerat- oder Breccienbildungen irgendwelcher vorglacialen Zeitperiode, auch nicht in den mächtigen und häufig Porphyre führenden permischen Conglomeratbänken je ein Gerölle von Tonalit gefunden worden sei.

Die Beziehungen der sedimentären Schichten zu dem Granit und Tonalit des Adamello sind gänzlich verschieden von jenen, die sich in anderen grossen Gebirgskernen der Alpen zwischen mesozoischen Lagen und den Granit- oder Gneissmassen erkennen lassen. An dem Nordrande der Finsteraarhorngruppe sind die Trias- und Jurabildungen in lange Falten gelegt (S. 147), welche die ältesten Lagen gegen oben und unten, die jüngsten in der Mitte zeigen, welche in den Gneiss oder Granit eingefaltet sind und an den keilförmigen Enden der Synklinalen die viel besprochene Umwandlung des Jurakalkes in Marmor erkennen lassen. Dieser Marmor mag auf Klüften und auf Verschiebungsflächen von einem grünen talkartigen Mineral überzogen sein, dessen nähere Beschaffenheit noch zu untersuchen ist, aber die Silicate des vulcanischen Contactes, wie Granat, Epidot u. A. hat man auch an diesen Stellen höchster mechanischer Einwirkung nie angetroffen.

Obwohl die Triasschichten am Adamello insbesondere an der Stelle der grössten Einschnürung östlich von Cedegolo schleifenförmig in das Tonalitgebiet eingreifen und nur gegen Nordost die Abgrenzung eine mehr geradlinige ist, sind diese Triasschichten doch durchaus nicht keilförmig eingefaltet wie in der Finsteraarhorngruppe. Während dort stets die ältesten sichtbaren Sedimentgebilde in den Falten dem Granit oder Gneiss zunächst lagern, ist es rings um den südlichen, östlichen und westlichen Theil und namentlich rings um den südlichen Abschnitt des Rè di Castello,

sowie an der eingeschnürten Stelle stets das jüngste sichtbare Glied der sedimentären Bildungen, welches zunächst an die krystallinische Felsart herantritt und auf grössere oder geringere Entfernung von dem Contacte umgewandelt ist.

Wie im Südosten die Triasschichten des Monte Doja unter die Granit- und Tonalitmassen des Corno Busecca mit immer stei-



Fig. 27. Monte Doja. Masse des Rè di Castello. Neigung des Kalksteins der Triasformation unter den Granit.

c. Linie des vulcanischen Contactes; π, π. Porphyrplatten in Triaskalkstein.

lerem Winkel hinabtauchen, hat Lepsius anschaulich beschrieben. An der Grotta rossa (2188 M.) im Süden und dem Cingolo rosso (2178 M.) im Südosten streicht mit weithin leuchtender rother Farbe der Grödener Sandstein durch; der Werfener Schiefer kreuzt das zwischen beiden Höhen liegende Val aperta in der Nähe der obersten Alphütte und hierauf folgen die Kalkbänke der Triasformation im Monte Doja, in mächtigen und wohlgeschichteten

Massen sichtbar, welche, steiler und steiler geneigt, in einer hohen Runse im obersten Thalgrunde den Contact erreichen.[7] Nahe unter dem Gipfel des gegenüberliegenden Monte Rema (2372 M.) läuft die Zone des Contactes hin und an seinem südlichen Gehänge hat die Grenze einen ziemlich scharfen Bug ausgeführt, um von hier an die Richtung gegen NNO. zu verfolgen. Der weisse Marmor, gerade hier überaus reich an krystallisirten Silicaten, lässt die Zone der Berührung auf grosse Entfernung hin verfolgen.

Nähert man sich nun aber anstatt durch Val aperta, durch das nördlich folgende Val di Daone der Zone des Contactes, so erreicht man 5500 M. im NNO. von Monte Rema die Granitgrenze in etwa 1100 M. tieferer Lage. Der Grödener Sandstein besitzt im untersten Theile dieses langen Thales seine normale rothe Färbung und unter demselben wird im Thalgrunde der permische Porphyr sichtbar. Schon mehr als tausend Meter vom Contact aber verwandelt sich dieser wegen seiner grossen Feuerbeständigkeit in den Schmelzwerken der Alpen so hoch geschätzte Sandstein in einen braungrauen Quarzit; in eine ähnliche Felsart gehen auch einzelne Bänke der unteren Trias über, wie das Vorkommen scharfer Hohlräume der Naticella costata in denselben beweist. Solche Quarzitbänke bilden in grosser Mächtigkeit die Gehänge des Thales, während darüber erst die unveränderten und petrefactenreichen Bänke des Muschelkalkes, näher am Granit aber, hoch oben, die in Marmor verwandelten Fortsetzungen desselben liegen. In dieser Tiefe scheint der Grödener Sandstein, leicht gegen den Granit geneigt, bis an den Contact zu reichen und vollzieht sich die Berührung also oben in Muschelkalk, unten aber in Grödener Sandstein.

Dringt man aber noch weiter, über den Contact hinaus, durch das Gebiet des harten weissen Granits in das Val di Daone aufwärts, so gelangt man in die Region der grössten Einschnürung des Gebirgskernes, und westlich oberhalb der Alphütte Nudole gegen den einsamen Lago di Campo wird die westliche Marmorzone erreicht. Wir befinden uns nun an dem nördlichen Gehänge des Rè di Castello. Weisser Marmor mit Granat und anderen bezeichnenden Mineralien des Contactes begleitet in steiler Schichtstellung ganz wie an der östlichen Zone die Grenze des Granites: Er zieht



Lago di Campo und Passo della Forcellina.

(Adamello-Gebirge, Süd-Tirol.)

S. 317. In weissen Marmor mit den Silicaten des Contactes umgewandelter unterer Triaskalk streicht von der Forcellina zum See herab. Links Tonalit, rechts in verticaler Stellung veränderter Werfener Schiefer und Grödener Sandstein.

vom Lago d'Arno, wo ihn Escher sah, über den Grenzpass della Forcellina (Taf. II) zum Lago di Campo, wendet dann in grossem Bogen und zieht unter Cima delle Casinelle hin, wie dies Stache genau beschrieben hat. Der dunkle und dickbankige Quarzit innerhalb der Marmorzone ist aber identisch mit dem veränderten Grödener Sandstein des unteren Val di Daone. Etwa im Horizonte der Werfener Schiefer erscheinen wahre Fleckschiefer.

So weit uns der Rand der südlichen Hälfte des Adamellogebietes bekannt ist, sinken von allen Seiten die sedimentären



Fig. 28. Cima delle Casinelle. (Südlicher Theil des Adamellostockes). Nach einer von Dr. C. Diener angefertigten Photographie.)
Im Vordergrunde, dann auf den Hochspitzen und zur Rechten granitische Felsarten; links ziehen die Bänke der Triasformation bogenförmig durch den Firn.

Gesteine unter den Granit und Tonalit trichterförmig ein oder sie brechen in steilem und geschlepptem Bruche ab. Die jüngsten Lagen befinden sich zunächst am Contact; die älteren liegen mehr und mehr gegen aussen. So erklärt sich die umgürtende Marmorzone. Kein anderer grosser Granitstock der Alpen zeigt ähnlichen Bau; kein anderer zeigt die Silicate des vulcanischen Contactes. Die kleinen Stöcke von Predazzo und Monzoni sind die einzigen, welche ähnliche Merkmale besitzen.

Mit Predazzo und Monzoni hat Adamello und sein südlicher Abschnitt, der Rè di Castello, den wohl abgegrenzten massigen

Kern gemein und den Marmorsaum mit den Silicaten des vulcanischen Contactes. Auch dürften die umgewandelten Gesteine in allen drei Fällen von ziemlich gleichem Alter sein, nämlich noch etwas über das Alter des Muschelkalkes heraufreichen. Eine Verschiedenheit besteht jedoch darin, dass die Gänge und Ergüsse von Melaphyr sammt den begleitenden Tuffen, welche die Ausbruchstellen von Predazzo und Monzoni umgeben, der Nachbarschaft des Adamello vollständig fehlen. Oestlich von demselben, sowie gegen Süden und auch im Norden gegen den Ortler, sowie gegen West in den mesozoischen Falten, welche den Bernina durchziehen, kennt man die höheren Glieder der Trias, gegen Süd und Ost auch die lange Reihe jüngerer Sedimente, aber es sind nirgend jene massenhaften Decken von Laven oder Asche bekannt, welche einer so grossen Ausbruchsstelle entsprechen würden.

In der 500 bis höchstens 2000 M. breiten Aura des Contactes fehlt es allerdings nicht an mannigfaltigen Einschaltungen. Leicht unterscheidet man drei Gruppen derselben. Die erste umfasst die den Schichten der Trias normal eingeschalteten Tafeln oder Decken von braunrothem Porphyr (π. π Fig. 27); ich halte sie für übereinstimmend mit den triadischen Porphyrdecken, welche in den Südalpen vom Luschariberge bei Raibl bis Val Trompia und noch weiter gegen West an so vielen Punkten sichtbar sind. Die zweite Gruppe sind Ausfüllungen von Spalten in dem braunen Quarzit des Grödener Sandsteins. Die Ausfüllung besteht aus grossen Krystallen von weissem Orthoklas, grossen weissen Glimmerblättern und Bündeln von Turmalin in grauem Quarz, also aus einem grosskörnigen Granit, wie er als Ganggranit in so vielen Granitgebieten auftritt; hier reichen diese Gänge, welche ganz den Charakter von Secretionsgängen an sich tragen, wie gesagt, bis in den Grödener Sandstein. Die dritte Gruppe endlich sind wahre Intrusivgänge; die wenigen, welche ich sah, bestehen aus einer zersetzten grünen Felsart mit weissen Feldspathkrystallen; man sieht unter Passo della Forcellina einen solchen Gang die gebänderten Kalkschichten schräge durchschneiden, ohne dass er durch irgend eine Randkluft vom Kalk getrennt wäre. In den von Stache untersuchten Randtheilen des Westens scheinen die Intrusionen beträchtlicher und häufiger zu sein.

Die Zone vulcanischen Contactes, welche die ganze Gruppe des Rè di Castello und einen guten Theil des Adamello umgibt, zwingt uns, dieses grosse Granit- und Tonalitgebirge als ein vulcanisches Gebilde anzusehen, welches jünger sein muss als die Zeit des oberen Muschelkalkes. Es mögen Meinungsverschiedenheiten darüber bestehen, ob man dasselbe als Narbe oder als Laccolithen aufzufassen habe, d. i. ob die vulcanische Masse in der That zur Eruption an die Erdoberfläche gelangt sei oder nicht. Zur Aufhellung dieser Frage verfolgen wir nun zunächst den Stock in seinem weiteren Verlaufe gegen NNO.

Die Linie der Judicarien. Es nimmt die Ostgrenze des Tonalitgebirges einen geraden gegen NNO. gerichteten Verlauf. Stache hat diese Grenze begangen und in Val di Breguzzo, sowie in den nördlich folgenden Thälern keine Marmorzone mehr, sondern Gneissphyllit angetroffen, welcher jedoch gleichfalls westwärts unter den Tonalit sich neigt. Die Erstreckung der Hauptaxe des ganzen Gebirgsstockes gegen NNO., sowie der Verlauf dieses Grenzbruches verrathen das Vorhandensein enger Beziehungen zwischen dem Tonalitstocke und der östlich, ganz nahe und in derselben Richtung verlaufenden grossen Störungslinie der Judicarien.

Wer vom Idrosee nordwärts in das Thal des oberen Chiese, die Judicarien, eintritt, sieht zu seiner Linken mächtige dunkle Massen von permischem Porphyr, Tuff, Schiefer und Sandstein, zu seiner Rechten aber die bleichen Kalkwände der oberen Trias. Das Absinken des Gebirges zur Rechten mag wohl leichtlich 2000 M. betragen. Das ist jener gewaltige Bruch, mit welchem das Absinken alles ostwärts gegen die Etsch liegenden Gebirges beginnt. Auch bei Storo besteht dieser Gegensatz beider Thalseiten. Etwa 9 Kilom. weiter in dem geradlinig gegen NNO. gerichteten Thale, am Ausgange des Val di Daone ist der Bruch in eine grosse Flexur übergegangen. Dieselben Bänke des Muschelkalkes, welche weiter gegen West mit Granat und Epidot beladen, als weisse Marmorlagen westwärts unter den Granit tauchen, neigen sich hier als dunkle petrefactenreiche Bänke in grossen Bogenstücken ostwärts zum Thale, um unter die höheren Triasbänke hinabzusinken, welche in flacher Lagerung die Ostseite der Judicarien bilden.[8]

Der Bruch stellt sich bald wieder ein. Wo das Judicarienthal gegen Nordost biegt, behält derselbe seine gerade gegen NNO. laufende Richtung, setzt, wie Bittner gezeigt hat, von Roncone gegen Verdesina durch das Gebirge und erreicht so Val Rendena; diesem Thale folgt er bis Pinzolo; von da setzt er mit unveränderter Richtung wieder in das Gebirge, durchquert dasselbe und kreuzt bei Malé am Ausgange des Rabbithales das grosse Val di Sole. Von hier an beginnt seine Richtung aus NNO. allmälig sich etwas gegen Nordost zu wenden; er setzt sich nun von Malé über Bevia gegen Mocenigo fort und erreicht südlich von dem Ausgange des Ultenthales das Thal der Etsch.[9]

Die Länge dieser für alle späteren Betrachtungen so wichtigen Linie beträgt vom Idrosee bis zur Stelle, wo bei Verdesina das Val Rendena erreicht wird, etwa 34 Kilom., von da bis in das Val di Sole bei Malé 36 Kilom. und von Malé bis ins Etschthal unterhalb Lana 32 Kilom., folglich in den bisher erwähnten Stücken 102 Kilom. Den Ostrand des Bruches bildet das abgesunkene mesozoische Gebirge des Etschthales, welches jedoch sehr häufig in der Nähe des Bruches gegen denselben geneigt zu sein scheint, und dessen ältere Unterlage. An der mächtigen Laugenspitze, südlich von der Kreuzung des Etschthales, ist es der permische Porphyr, welcher als die Unterlage des mesozoischen Kalkgebirges an dem Ostrande des Bruches sichtbar wird.

Die Westseite des Bruches besteht im Süden gegen den Rè di Castello und Adamello zunächst aus jenen Streifen von permischem und triadischem Gestein, welche wir soeben an dem Ostrande der Masse des Adamello kennen gelernt haben; der Ostrand der Presanella, in welcher eine Felsart sich bemerkbar macht, die als Tonalitgneiss bezeichnet wird, ist nach Stache nur durch eine schmale Zone älterer Phyllite von der Judicarienlinie getrennt. Gneiss und Phyllit bilden nun weiter gegen Nord vielfach den Westrand, bis wieder einzelne Kuppen von Tonalit und jüngerem Granit erscheinen. Endlich taucht, noch bevor das Etschthal erreicht ist, an dem Westrande des Bruches, von St. Pankraz im unteren Ulten bis zur Etsch, ein neuer grosser Tonalitstock hervor. Porphyr und Grödener Sandstein bilden, wie gesagt, hier den Ostrand des Bruches.

Die von C. W. C. Fuchs veröffentlichte Karte der Umgegend von Meran zeigt deutlich, wie der Tonalitstock, der grosse Bruch und die Porphyre und permischen Ablagerungen seiner Ostseite in der Nähe dieser Stadt schräge das Etschthal überqueren.[10] Durch die höchst verdienstvollen Arbeiten Teller's ist in den letzten Jahren auch die weitere Fortsetzung bekannt geworden. Der Judicarienbruch lässt sich durch die Naifschlucht bei Meran bis Weissenbach im Penserthal verfolgen; hier wendet sich seine Richtung aus Nordost mehr und mehr gegen Ost. Diese letzte Strecke beträgt 26 Kilom., so dass die Gesammtlänge des Bruches vom Idrosee bis ins Penserthal etwa 128 Kilom. misst. Das merkwürdigste Ergebniss aus Teller's Untersuchungen ist jedoch der Nachweis der Fortsetzung des Granitstockes bis weit gegen Ost. Der Iffinger oberhalb Meran (2551 M.), schon von Fuchs als die Fortsetzung der jenseits der Etsch auftauchenden Tonalitmasse erkannt, ist nur ein Theil eines sehr langen Zuges, welcher in seiner Hauptmasse aus Granit, an der Nordseite aber aus einer fortlaufenden Zone von Tonalitgneiss besteht, und welcher durch das Penserthal, dann ostwärts bei Mauls und der Franzensfeste quer über die Brennerstrasse streicht.[11] In der Nähe der Brennerstrasse, wo der Granitzug seine grösste Breite erlangt, ist an seinem Südrande der Judicarienbruch nicht mehr sichtbar und der Granitzug selbst lagert gegen Nord und Süd wie ein Gewölbe unter den angrenzenden Gesteinszonen. Nachdem er das Pusterthal bis in die Nähe von Brunneck begleitet hat, scheint dieser Granitzug hinabtauchend sein Ende zu erreichen, aber es tritt jenseits des Ahrenthales nördlich von Brunneck aus Gneiss und Gneissphyllit im Antholzer Gebirge (Schnebiger Nock, 3390 M.) ein neuer, von Tonalitgneiss rings umgebener Dom von Granit hervor, welcher nach Teller mit den Gneissphylliten der Umrandung in inniger Verbindung steht; diese enthalten zahlreiche kleine linsenförmige Einschaltungen desselben Granites, ja gegen Südwest hin wird eine linsenförmige Nebenmasse so ausserordentlich gross, dass sie als ein langgestreckter Zug die Grenzkämme dreier nicht unbeträchtlicher Thäler überquert.[12]

Wir sehen daher eine sehr grosse Bruchlinie vom Idrosee durch Judicarien, durch Val Rendena, über Malé, durch die Naif-

schlucht bei Meran bis in das Penserthal auf beiläufig 128 Kilom. sich erstrecken und dabei, nachdem bis in die Nähe von Meran die gerade Richtung gegen NNO. eingehalten war, eine hakenförmige Beugung gegen NO. eintreten. Wir sehen auf der ganzen Länge die östliche Seite des Gebirges abgesunken. Ferner er-

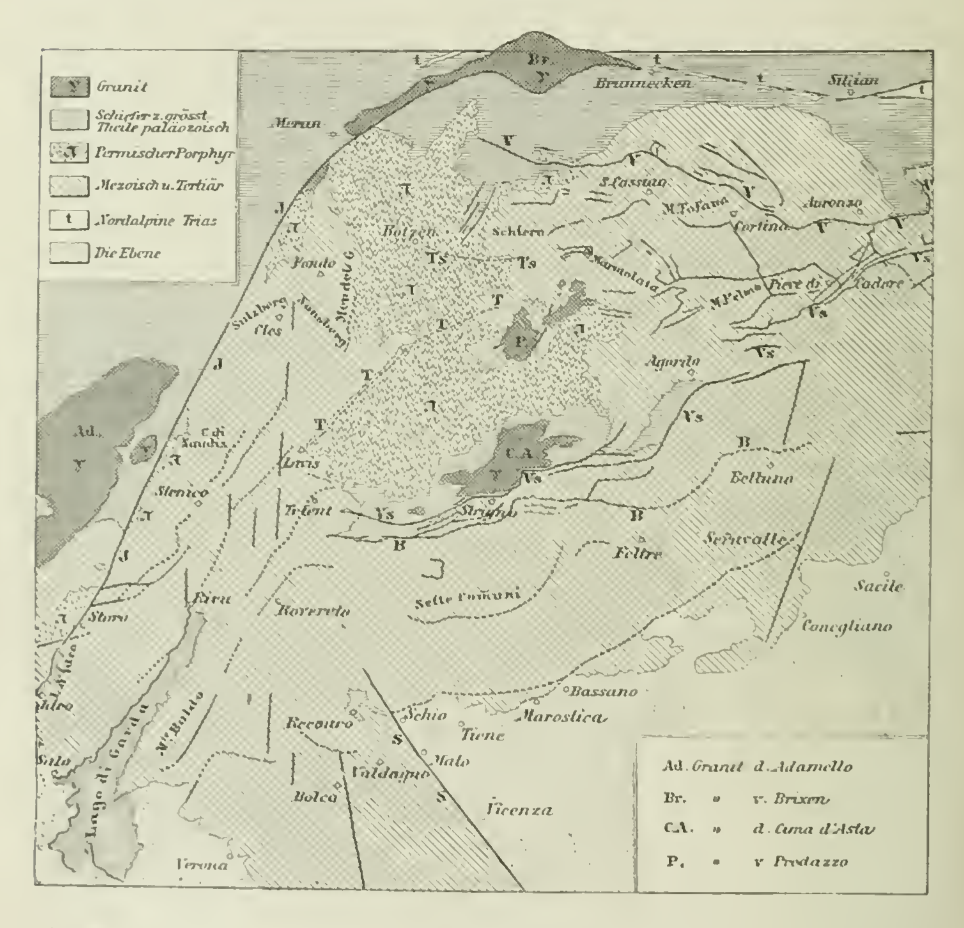


Fig. 20. Beiläufige Vertheilung der Hauptbrüche und Flexuren, welche die Cima d'Asta umgeben.

Judicarienlinie; *Vs* Linie des Val Sugana; *B* Linie von Belluno; *S* Linie von Schio; *T* Linie von Truden; *Ts* Linie von Tiers; *V* Linie von Villnöss.

blicken wir westlich von den Judicarien die grosse im Sinne des Bruches gedehnte Masse von Tonalit und Granit, welche den Rè di Castello, Adamello und die Presanella umfasst, welche, wo sie im Süden mit Triaskalk in Berührung kommt, von demselben am Rande unterlagert wird und denselben in vulcanischem Contacte verändert. Weiter gegen Nord tritt eine zweite grosse Granitzone hervor,

diese nur an der Nordseite von Tonalitgneiss begleitet und an der Südseite hart an dem gebogenen Ende des grossen Bruches gelegen, die Beugung des Bruches begleitend, allmälig aus NNO. in NO., endlich in östliches Streichen übergehend. Sie ist an ihrem Ende begleitet von der mit Gneiss innig durch Einschaltungen verbundenen Antholzer Masse. Es gestaltet sich nun die oben gestellte Frage dahin, ob die beiden durch tonalitische Ausbildung und die Beziehungen zu dem grossen Bruche ausgezeichneten Granitzüge von ganz verschiedenem Alter seien, oder ob es ein gleichzeitiger Zug von Laccolithen sei, welcher im Rè di Castello die Triasschichten verändert und an seinem andern Ende, in der Antholzer Masse, in weit tieferem Horizonte in dem Gneissgebiete sichtbar ist.

Wo sich die Beugung des Bruches und des Granitzuges zwischen Eisack und Etsch vollzogen hat, tritt eine merkwürdige tektonische Erscheinung ein, welche ebenfalls von Teller richtig erkannt worden ist. Das nordwärts liegende Gebirge schiebt sich über den Granitzug herüber; es ist Gneiss, Glimmerschiefer, Phyllit, Verrucano und Diploporen-führender Triaskalk. Von Sterzing an der Brennerstrasse südwärts zum Penserjoch ansteigend sieht man unter der Seilspitze die Fig. 30 dargestellte flache Ueberschiebung des wahrscheinlich carbonischen Phyllits über den Triaskalk. In den tieferen Theilen des Kalkkeiles richten sich die Bänke in demselben auf, als sträubten sie sich gegen die Ueberwältigung durch die Masse der älteren Schiefer. (Fig. 31.) Man bemerkt, dass dieser grosse Kalkkeil nicht wie meistens in der Masse des Finsteraarhorn in das Gebirge, sondern dass er gegen aufwärts und auswärts gerichtet ist. Die Gneisslagen, welche den Kalk unterlagern, enthalten auf der Höhe des Joches eingeknetete Streifen von Verrucano-Conglomerat. Südwärts vom Joche liegen alte Schiefer; es scheint noch eine Spur eines Kalkstreifens durchzuziehen; ein kleiner Bau auf Fahlerz befindet sich im tieferen Theile des Abhanges, und in der Thalsohle bei Asten beginnt dann der Tonalit.[13]

Die Astabrüche. Die Judicarienlinie und die begleitenden Granit- und Tonalitzüge bilden gegen West und Nordwest den Rahmen eines ausgedehnten Senkungsfeldes, welches gegen Ost und Südost von den Flexuren und Brüchen des Karstes und der

dalmatinischen Küste umfasst wird, und in dessen Tiefe das Adriatische Meer liegt. Erst in den letzten Jahren ist hier schrittweise der Zusammenhang der Erscheinungen klar geworden. Noch im Jahre 1875 konnte ich nur von einzelnen damals als Ausnahme erscheinenden Ueberschiebungen gegen Süd an der Cima d'Asta, bei S. Orso unweit Schio und an einzelnen der Karstbrüche sprechen, während Senkung und vielfach auch Ueberschiebung heute über das weite Gebiet, allerdings unter eigenthümlichen und von



Fig. 30. Seilspitz, Aufstieg zum Penserjoche (westlich von der Brennerstrasse). Langer Keil von Triaskalk in Phyllit.

den Vorkommnissen der Nordalpen wesentlich verschiedenen Umständen, als Regel erkannt sind.

Den grössten Fortschritt haben hier die bewunderungswerthen Untersuchungen herbeigeführt, welche Edmund von Mojsisovics und seine Mitarbeiter im südlichen Tirol und den angrenzenden Gebirgen Italiens durchführten und durch welche für einen grossen Theil des Westens das Bruchnetz festgestellt wurde. Schon im Jahre 1879 konnte Mojsisovics eine Uebersicht der Bruchlinien zwischen Etsch und Piave veröffentlichen, und die seitherigen Forschungen österreichischer und italienischer Fachgenossen haben das Bild nach allen Seiten vervollständigt.[1]

Im Jahre 1882 hat es T. Taramelli unternommen, einen Entwurf der wichtigsten Störungslinien vom Gardasee bis nach Istrien zu entwerfen.[15] Nachdem ich einen beträchtlichen Theil des Gebietes aus eigener Anschauung kennen gelernt habe, will ich es nun versuchen, einen neuen Ueberblick der bisher gewonnenen Erfahrungen zu geben, und hiebei in gewisse Einzelheiten eingehen, welche mir für das Verständniss des Gefüges und der Entstehung grosser Gebirgsketten überhaupt von Werth scheinen.

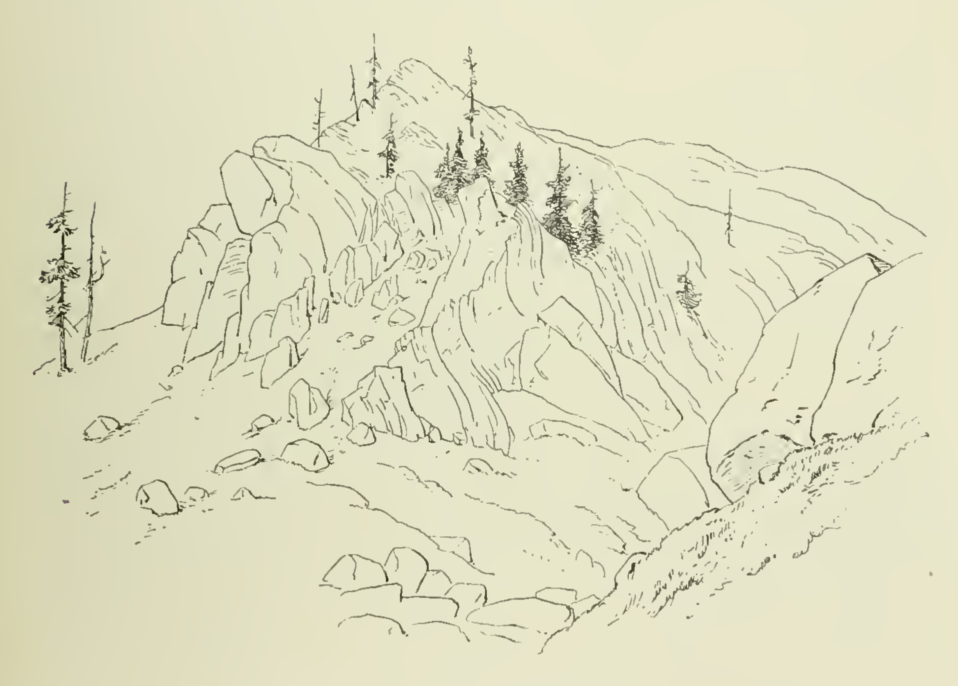


Fig. 31. Triaskalk überschoben von Phyllit, in dem Kalkkeile des Seilspitz.

Vorerst mag jedoch erinnert sein an die ruthenförmige Vertheilung der von dem Westrande des Wahsatch ausgehenden Tafelbrüche von Utah (S. 169, Fig. 13), an den wechselnden Betrag ihrer Dislocation und an die Beziehungen der dortigen Flexuren zu den Brüchen. Man wird Mojsisovics' Darstellung der grossen südalpinen Brüche nicht lesen können, ohne die ausserordentliche Uebereinstimmung vieler Kennzeichen zu bemerken. Die fächerförmige Zersplitterung einzelner Brüche, die Intermittenz der geringeren Bruchlinien, die parallele Zersplitterung als Vertreterin einer einzigen mächtigeren Dislocation an anderem Orte, das Uebersetzen des grösseren Betrages der Dislocation von einer Bruchlinie

auf eine andere, welche Mojsisovics in den Brüchen Südtirols erkennt, wiederholen sich in den Bruchfeldern des amerikanischen Westens. Eine Verschiedenheit beider Gebiete besteht jedoch allerdings insoferne, als die südalpinen Brüche auch tangentialen Verschiebungen und Ueberschiebungen ausgesetzt waren, welche, wie sich bald zeigen wird, ringsum von den Rändern gegen die Mitte des Bruchfeldes gerichtet waren.

Nördlich von der Brenta erhebt sich der ausgedehnte Granitstock der Cima d'Asta. Nicht in der Tiefe eines Erosionsthales wie der Phyllit von Recoaro, sondern als eine hohe selbständige Gebirgsmasse ragt er an dem Südrande des grossen Porphyrgebietes vereinzelt aus den Kalkalpen hervor. Es ist einer der auffallendsten Züge in dem Baue der südlichen Alpen. ‚Hier verstehe ich die Menschen nicht mehr und kaum mehr die Natur,' schrieb der grosse Pfadfinder L. von Buch, als er im Jahre 1798 nach Pergine kam. ‚Chaotisch scheinen hier die Gebirgsarten durcheinandergeworfen und die schöne Ordnung vom Brenner scheint gänzlich dahin. Wer hätte es gedacht, nach so ungeheuren Massen von Kalkstein, wie die furchtbare Kette zwischen Neumarkt und Trento, nach Bergen, wie die, welche Trento umgeben, auf das Neue Urgebirgsarten zu finden. . . . Mit ängstlicher Wehmuth sah ich ein Gebäude zusammenstürzen, das uns mit dem System zugleich die Geschichte gab und uns an der Reihe der Gebirgsarten hinauf unvermerkt aus unserer jetzigen Welt in eine vormalige führte, die wir vorher geahnt hatten, nicht begriffen, dann aber glaubten, ihr näher zu sein.'[16]

Der Südrand der Cima d'Asta ist ein gewaltiger Grabenbruch, dessen nördlicher Flügel, der Granit, jedoch weit höher steht als der südliche, welchem die grossen Triaswände der Cima Dodeci und die Sette Communi angehören. In der Tiefe des Grabens, von einem ganzen Netze untergeordneter Brüche durchschnitten, liegen der Porphyrberg Zaccon, dann grosse, von der Masse der Sette Communi abgesunkene Berge von Triaskalkstein, wie Monte Armentera und Monte Civeron, und übereinander in verkehrter Lagerung Schichten von tertiärem, cretacischem und jurassischem Alter, über welche letzteren alle von Nord her der Granit und der Phyllit der Cima d'Asta herübergeschoben sind.[17]

Gegen West nehmen diese Brüche sehr rasch an Mächtigkeit ab und sie erreichen nicht das Thal der Etsch.[18] Dagegen erstrecken sie sich gegen Nordost und Ost. Den nördlichsten dieser Brüche, als den Hauptbruch, hat Mojsisovics die Val Suganalinie genannt. Diese ist es, an welcher Granit und Phyllit abgeschnitten und überschoben sind; sie bildet gleichsam die südliche Stirn der Cima d'Asta, und diese Stirn erinnert in ihrer Stellung zu dem Bündel von Sprüngen an jene Stellung, welche die westliche Stirn des Wahsatch zu den Seviersprüngen einnimmt.

Die Val Suganalinie läuft nun mit ihren untergeordneten Theilungen und Uebersetzungen gegen Nordost und kreuzt den Cor-



Fig. 32. Eingang in die Furche des Torrente Maso, Südrand der Cima d'Asta.

Ueberstürzte Schichtfolge: *a—b* wechselnde Bänke von Thon und Nummulitenkalk; *b—c* Scaglia und Biancone; *c—d* Diphyakalk, Acanthicuszone, dunkelrothe hornsteinreiche Bank, lichter Jurakalk (Unt. Oolith?); *e, e* Phyllit; *f, f* Granit.

devole südlich von Agordo, den Piave nördlich von Longarone. Noch weiter gegen Nordost nähert sie sich, wie Harada gezeigt hat, der später zu besprechenden, aus WNW. kommenden Gruppe der Villnössbrüche, und so bilden sich jene verwickelten Bruchfelder, welche von Pieve di Cadore gegen Rigolato laufen, und an die etwas südlicheren Brüche der Gegend von Cortina d'Ampezzo und die Flexur des oberen Tagliamento anschliessen.[19] Die nordöstliche Richtung ist auch hier herrschend, die weitere Fortsetzung im carnischen Gebirge aber noch nicht klargelegt.

Die Entfernung von dem Ursprunge der Val Suganalinie südlich von Trient bis zu der zertrümmerten Region bei Rigolato

beträgt beiläufig 140 Kilom. Die ausserordentliche örtliche Verschiedenheit in der Mächtigkeit der permischen Porphyrdecken, sowie auch der Kalkmassen der Triasformation erschwert die genaue Ermittlung des Ausmaasses der verticalen Dislocation, doch muss dieselbe an der Südstirn der Cima d'Asta weit mehr als 2000 M. sein; vielleicht beträgt sie mehr als 3000 M. Allenthalben an dieser Hauptlinie ist der Südflügel gesunken und dies gilt als Regel für die ganze Gruppe der Cima d'Asta-Linien, so dass sich der Betrag der Senkungen gegen Süden summirt.

Die zweite wichtige Linie dieser Gruppe hat Mojsisovics die Belluneserlinie genannt. Sie zweigt schon nahe an dem Ursprunge der Val Suganalinie von dieser ab, wird im Val Sugana durch die untergeordnete Linie des Monte Zaccon von ihr getrennt und erstreckt sich gegen OSO. nördlich von Feltre bis in die Gegend nördlich von Belluno, in ihrem ganzen östlichen Theile, wie Hörnes gezeigt hat, die Gestalt einer Flexur annehmend. Bei Belluno trifft sie auf die gegen Nord gerichtete Querlinie von S. Croce. Die mächtige, von Nord gegen Süd vortretende Masse des Monte Cavallo scheint nach den bisher vorliegenden Angaben nicht von der Flexur durchquert zu werden, aber bei Barcis in Val Zelline, an dem Ostabhange des Monte Cavallo, beginnt nach Taramelli's Darstellung eine neue, sehr lange und in leichter Krümmung ebenfalls gegen NNO. verlaufende Senkungslinie, welche nach seiner Meinung als die Fortsetzung der Linie von Belluno anzusehen ist, bei Gemona den Tagliamento kreuzt und bei Starasella unweit von Caporetto das Gebiet des Isonzo erreicht.[20]

Diese Linie, welche auf dem grössten Theile ihres Verlaufes von Barcis über Gemona gegen den Isonzo die Grenze des höheren Triasgebirges gegen die abgesunkenen und nun südlich vorliegenden Kreide- und Tertiärberge ausmacht, hat von Taramelli den Namen ‚Frattura periadriatica' erhalten, eine Bezeichnung, welche auf alle Brüche dieses ausgedehnten Bruchfeldes, bis Meran, bis Lienz und bis Idria angewendet werden mag.

Bevor diese Linie Starasella erreicht hat, ist sie allerdings für eine kurze Strecke in das Gebiet der Trias und der rhätischen Kalksteine getreten, die Masse des Monte Matajur absondernd von dem grossen Hauptgebiete der Triaskalksteine, aber sofort bei

Caporetto trifft sie wieder zusammen mit der schon im Jahre 1858 von Stur erkannten Störungsregion an dem Südrande der grossen, östlich vom Isonzo liegenden Kalkgebirge. An dieser Stelle, zwischen Monte Canin und dem Natisone, unterscheidet aber Stur drei von Norden her überschobene Brüche, bei welchen der rhätische Kalk über die Kreideformation tritt. Dies ist das Gebiet, in welchem die Gruppe der Karstbrüche hervortritt, welche an späterer Stelle zu besprechen sein wird.[21]

Die Linie von Belluno misst, wenn man das jenseits vom Monte Cavallo liegende Stück im Sinne Taramelli's hinzuzählt, bis an den Isonzo nicht weniger als 180—190 Kilom. und auch östlich von Caporetto liegt die Kreidegrenze gegen Deutschruth in ihrer weiteren Fortsetzung. Der Zusammenhang dieser Stücke ist aber noch nicht erwiesen.



Fig. 33. Ausgang des Torrente Silano (Val Rovina) zur Ebene (westlich von der Brenta).

Der erste Hügel zur Linken, welcher sich an dem Rande der Ebene erhebt, besteht aus marinen Ablagerungen einer älteren Mediterranstufe; hierauf steil zur Ebene geneigte Schioschichten, dann Basalt (dunkel bezeichnet), hieher der spitze M. Gloso; nun folgt eine mächtige Serie von Korallenkalk, auch Tuff mit Natica crassatina, Alles bis in die Nähe des Kirchleins von S. Michele (a) der Stufe von C. Gomberto angehörig. Bei S. Michele beginnt der zweite Zug von Schioschichten, dann abermals Stufe von C. Gomberto, dann steil und überbogen die Mergel von Laverda, tieferes Tertiär und Kreide.

Südlich von der Westhälfte der Linie von Belluno sinkt das Gebirge noch weiter in grossen Flexuren zur Tiefe, welche jedoch nicht mit der Gruppe der Cima d'Asta-Brüche in unmittelbare Verbindung treten. Eine solche Flexur durchzieht mit nach Süden convexer Streichungslinie die Sette Communi. Die Kalkberge südlich von der Cima d'Asta bilden nach Vacek's Beobachtungen eine Kuppel, deren nordwestliche Ecke (Monte Dosso) örtlich eingestürzt ist. Die Schichten neigen sich hierauf südwärts ein wenig, erheben sich wieder und fallen in grosser Flexur ab, welche erst gegen Ost, dann Nordost, nördlich von Primolano durchzieht.

Eine zweite, weit längere Flexur ist an ihrem Beginne, bei S. Orso östlich von Schio, südwärts überschoben und zieht weiter

gegen Nordost über Bassano gegen Serravalle, den Aussenrand gegen die Ebene bildend und streckenweise von einem parallelen Bruche begleitet, welcher in dem äussern Saume eine Verdoppelung der tertiären Schichtfolge veranlasst (Fig. 33).[22]

Nach diesen Beobachtungen darf man annehmen, dass der Bau der südlichen Alpen etwa vom See von Caldonazzo südlich von Trient über die Südstirne der Cima d'Asta bis Agordo, Pieve di Cadore und Rigolato, und von dieser gegen Nordost gerichteten Linie südwärts bis zur Ebene, einer grossen südwärts blickenden Treppe gleicht, deren Stufen gegen Ost an Breite und Zahl zunehmen, an Höhe aber abnehmen und von welchen einige der höchsten sich dem Graben an der Südseite der Cima d'Asta nähern. Die der Ebene zunächst liegenden Stufen haben die Gestalt von Flexuren, während bei den nördlichen Stufen fast ausschliesslich Brüche sichtbar sind.

Zwischen dem Judicarienbruche und dem Bruche von Schio. Aus dem nordwestlichen Theile des Bruchfeldes ragt mit unregelmässigem Umrisse jener grosse Schild von permischem Porphyr hervor, in dessen Tiefenlinien bei Bozen Etsch und Eisack sich vereinigen (π, π Fig. 29). Gegen Süd und gegen Nord treten ältere Bildungen unter dem Porphyr hervor; gegen Ost und gegen West sinkt er unter jüngere Bildungen hinab. Gegen Süd wird der Thonglimmerschiefer und mit demselben der Granit der Cima d'Asta sichtbar, deren südwärts gerichteter Abbruch soeben besprochen wurde. Gegen Nord ist es ebenfalls der Thonglimmerschiefer, welcher hervortritt. Die jüngeren Gebilde, welche ostwärts dem Porphyr auflagern, bilden den durch seine landschaftliche Schönheit berühmten, ziemlich irrig als die ‚Dolomitregion' bezeichneten Theil von Südtirol. Der Westrand sinkt steiler und streckenweise die Gestalt einer westwärts überbogenen Flexur annehmend unter eine lange und schmale Scholle von Ablagerungen hinab, welche die ganze Reihe von der permischen bis zur mittleren Tertiärzeit umfasst, und welche in einen grossen Graben zwischen die Flexur des westlichen Porphyrrandes und die Judicarienlinie eingesenkt ist.

Diese schmale Scholle ist das Etschbuchtgebirge; ihm gehört der breite Nonsberg an, das wilde Brentagebirge mit der

Cima Tosa, welche sich in mehreren Spitzen über 3000 M. erhebt, und eine Reihe anderer mächtiger Züge, welche sich durch mehr oder minder ausgesprochenes nordöstliches Streichen auszeichnen. Diese Richtung tritt namentlich gegen Süd hervor, wo die Judicarienlinie und der Rand des Porphyrschildes auseinandertreten. Noch weiter gegen Süd erweitert sich das Gebiet dieser Scholle mehr und mehr, die Grabensenkung endet und die Fortsetzung des Etschbuchtgebirges umfasst beide Ufer des Gardasees und weithin alle Berge und Vorberge bis zu der grossen Bruchlinie von Schio.

Wir kehren zu dem nördlichen Theile zurück.

Der Porphyr umgibt den Nordrand der Scholle und reicht an der Judicarienlinie, wie wir bereits sahen, bis über die Laugenspitze herab; noch tiefere Schiefergesteine, da und dort auch Granit, kommen durch Aufschleppung an der Judicarienlinie zum Vorschein; in Val Rendena ist auf eine längere Strecke der Porphyr wieder aufgeschleppt, so dass er auch hier auf beiden Seiten des Grabens sichtbar ist.

Vacek und Bittner haben den Bau des Etschbuchtgebirges untersucht.[23] Die wesentlichen Züge sind die folgenden.

Der Graben ist nicht symmetrisch. An seiner Ostseite ist eine einzige, westwärts gesenkte und etwas westwärts überbogene Flexur an dem Rande des Porphyrs vorhanden, während das zwischen dieser Flexur und der Judicarienlinie Liegende durch eine grössere Anzahl von Flexuren zertheilt ist, welche alle im Sinne der Judicarienlinie ostwärts oder südostwärts gesenkt und überbogen sind. Ich bezeichne diese Störungslinien wie jene südlich von den Sprüngen der Cima d'Astagruppe als Flexuren, obwohl sie alle sich von dem einfachen Typus der stufenförmigen Flexur durch zwei Merkmale unterscheiden, nämlich dadurch, dass der Hangendflügel überbogen oder überkippt ist, und dass der liegende Gebirgstheil eine wenn auch flache Neigung in entgegengesetzter Richtung hat. Hiedurch erhalten diese Störungen das Aussehen von sehr oberflächlichen schiefen Falten, aber es muss wohl jede Flexur diese Abänderung erfahren, wenn zugleich mit der Senkung eine horizontale Bewegung nach der Richtung der Senkung stattfindet.

Diese Flexuren streichen, wie gesagt, mehr oder minder der Judicarienlinie parallel und sind in gleichem Sinne gesenkt, mit Ueberschiebung des hangenden Flügels, also im entgegengesetzten Sinne als der Porphyrrand. Sie reichen durch das ganze Etschbuchtgebirge und zu beiden Seiten des Gardasees herab. Gegen Südwest treten Verwicklungen ein durch die Interferenz mit Störungslinien, welche in der Richtung OSO. bis ONO. aus dem lombardischen Senkungsgebiete herübertreten. Eine Hauptstörung dieser Art kommt von Val Trompia her bei Ponte di Caffaro an die Judicarienlinie und scheint dieselbe zu kreuzen; in den von Edmund Fuchs beschriebenen Gängen von Barghe in Val Sabbia und an mancher anderen Stelle zeigt sich das Herübertreten dieser lombardischen Flexuren und Sprünge.[24]

An der Ostseite des Gardasees sind judicarische Flexuren noch in ihrer typischen Gestalt zu treffen. Eine solche schiefe Flexur bildet, wie Bittner und Nicolis gezeigt haben, den Rücken des Monte Baldo. Am Ostufer des Sees sind vereinzelte Tertiärschollen auf Kreide sichtbar; dann steigen allmälig ostwärts die Schichten höher und höher, um von dem Hauptrücken gegen Ost theils als Knie und theils als Bruch so zu enden, dass die tertiären Schichten an der Trias sich aufbiegen oder an derselben scharf abstossen.[25]

Diese Linie am Ostrande des Monte Baldo scheint es auch zu sein, an welcher die oft besprochenen seïsmischen Phänomene dieses Bergzuges auftreten.[26] Noch jenseits der Etsch befindet sich an der Ostseite des Monte Pastello und Pastelletto eine der Baldolinie entsprechende Parallelstörung. So weit reicht das Gebiet der judicarischen Flexuren.

Es gebührt nun Vacek das Verdienst, gezeigt zu haben, dass einzelne dieser Flexuren, zumeist in der Nähe des Etschthales, bogenförmig umschwenken und mit gänzlich verändertem, mehr oder minder gegen Ost gerichtetem Streichen in jene Flexuren übergehen, welche den Astabrüchen parallel laufen. Diese Erscheinung halte ich darum für wichtig, weil sie den Zusammenhang der verschiedenen Bewegungen verräth, und wir werden sie in weit grösserem Massstabe in Ostindien wieder antreffen.[27] In gleicher Weise scheint sich auch im Süden die Pastellolinie umzu-

beugen und ihre Fortsetzung in jener Flexur zu finden, welche vom Südabhange des Corno d'Aquiglio an den südlichen Rand der Monti Lessini bezeichnet.[28]

Vom Etschthale bis gegen Schio hin sind nun mehrere Flexuren vorhanden, welche in der Regel eine gegen Süd leicht convexe Streichungslinie haben; ihr südlicher Flügel ist gesenkt, der nördliche zuweilen über denselben geschoben. Eine bedeutendere solche Flexur zieht südlich von dem Kessel von Recoaro hin und bezeichnet hier die Grenze zwischen den Triasbergen und den niedrigeren Kreide- und Tertiärrücken.[29]

Wir haben nun nochmals nordwärts in das Etschbuchtgebirge zurückzukehren, um eine von diesen Flexuren verschiedene Reihe von Störungen kennen zu lernen.

Alle neueren Beobachter stimmen darin überein, dass schon im Norden, vom Nonsberge herab, einzelne scharfe Sprünge mit gesenktem Ostflügel vorhanden sind, welche die Flexuren (oder schiefen Falten) in spitzem Winkel schneiden, und welche von Nord gegen Süd ziehen. Zwischen Trient und Riva sind drei bis vier solcher Sprünge vorhanden. Sie wiederholen sich mit gleicher Richtung von Nord gegen Süd auch südlich von Val Ronchi und gegen Velo; ein grosser solcher Sprung mit östlichem Absinken, doch mehr gegen NNW. gerichtet, ist von Bittner aus der Gegend von Montecchià über Bolca zum Monte Spitz, als die westliche Grenze des Hauptgebietes der vicentinischen Tertiärbildungen verfolgt worden, und mit Recht bemerkt Bittner, dass durch die Richtung dieses Sprunges eine fächerförmige Anordnung angedeutet wird, deren letztes Glied der grosse Bruch von Schio ist.[30]

Dieser grosse Bruch beginnt in dem höheren Gebirge nordwestlich von Schio und bildet bis in die Nähe dieser Stadt den westlichen Rand der gewaltigen, bei S. Orso südwärts überschobenen Flexur, welche die Bergmassen des Tretto unter die Ebene von Thiene sinken lässt. Von Schio angefangen aber bezeichnet dieselbe Linie den Rand der Scaglia und der tertiären Bildungen gegen diese Ebene. So kreuzt sie Malo, ostwärts schon von Schio an von steilen aufgeschleppten Scherben der alt-mediterranen Schioschichten begleitet, streicht dann in der Nähe von Vicenza

durch und bildet die östliche Grenze der berischen und der euganäischen Berge gegen die Ebene. Ihre Richtung ist zwischen NW. und NNW., ihre Länge bis gegen Battaglia beiläufig 70 Kilom.[31]

Westlich von dieser Linie liegt das tertiäre Hügelland von Vicenza und dieses bildet sammt den berischen und den euganäischen Bergen einen langen, in die Ebene vorragenden Sporn, welcher auf der Linie Verona—Este unter die Ebene des Po hinabtaucht. Man bemerkt keinen ursächlichen Zusammenhang zwischen den eocänen und oligocänen Basalt- und Trachytausbrüchen dieser Gegend und dem grossen Sprunge von Schio, welcher jünger ist und an dem, wie gesagt, alt-mediterrane Schichten aufgeschleppt sind. Dieses ganze Gebiet hat vielmehr den Bau einer flachen Mulde; in dem südlichsten Theile kommt zwischen Este und Bat-

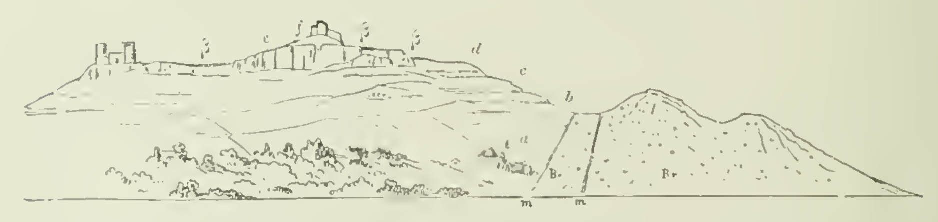


Fig. 34. Montecchi und Capuleti westlich von Vicenza.

Br basaltische Brecciola; *a* Bryozoënmergel; *b* grosse Rostellarien, Crassatella, darüber Ostr. rarilamella; *c* Clyp. Breunigi; *d* Korallenkalk; *e* Lithothamnienkalk; β, β, β sehr kleine Auflagerungen von Basalttuff in nicht ganz sicherem Horizont; *f* (unter dem Schlosse der Montecchi) Kieselkalk mit Korallen; *m*, *m* Spalten, jene links mit organischen Resten aus dem Horizonte von Sangonini, jene rechts mit solchen von Castel' Gomberto.

taglia in grosser Ausdehnung die Kreideformation, an einer Stelle, bei dem S. 193 erwähnten Fontana Fredda, sogar der obere Jura wieder zum Vorschein.

Untergeordnete Störungen werden z. B. im Südwesten von Vicenza sichtbar; die Verwerfung, mit welcher hier, an den Schlössern der Montecchi und der Capuleti, die vulcanische Mandelsteinbreccie an die mittleren Tertiärschichten stösst, ist von Sprüngen begleitet, welche in weichem Mergel wohlerhaltene oligocäne Meeresconchylien enthalten.

Auf dem Stücke der Südalpen, welches bisher besprochen wurde, lassen sich daher folgende Dislocationen beobachten. Es sind lange, stellenweise in Brüche übergehende Flexuren vorhanden, welche der Judicarienlinie parallel, ostwärts gesenkt und ostwärts, richtiger aus WNW. gegen OSO. überschoben sind. Diese reichen

von der Judicarienlinie bis an die linke Seite der Etsch unterhalb Peri. Ferner sind ähnliche Flexuren vorhanden, welche den Astabrüchen mehr oder minder parallel laufen, südlich von diesen liegen und südlich gesenkt und zuweilen südlich überschoben sind. Einzelne der judicarischen Flexuren schwenken in scharfem Buge, beiläufig in der Nähe des Etschthales, in die Richtung der Astaflexuren um.

Der Betrag der Senkung an den einzelnen Flexuren nimmt im Allgemeinen sowohl mit der Entfernung von den judicarischen, als auch von den Astasprüngen gegen die Ebene ab.

Ausser diesen Flexuren sind geradlinige, im Grossen fächerförmig gestellte Brüche mit gesenktem Ostflügel vorhanden, welche vom Nonsberge bis in den nördlichen Theil der Provinz Verona die nordsüdliche Richtung beibehalten; von Montecchià läuft dann ein solcher Bruch gegen NNW., und das letzte Glied dieser Gruppe scheint der Bruch von Schio zu sein, welcher noch mehr gegen Nordwest gerichtet ist.

Während die Flexuren gegen die Ebene an Bedeutung abnehmen, steigert sich die Bedeutung dieser Linien in der Richtung des Bruches von Schio; wenigstens deutet hierauf die Bedeutung der beiden letzten Linien dieser Gruppe.

Dislocationen im Norden der Astabrüche. Die Masse der Cima d'Asta verhält sich sammt dem Porphyr allen bisher aufgezählten Störungen gegenüber wie ein grosser Horst. Dieser Horst selbst ist von einzelnen grossen Dislocationen durchquert, welche ebenfalls stufenförmiges Absinken herbeiführen, aber sein Absinken ist nicht gegen Süd, sondern gegen Nord gerichtet. E. v. Mojsisovics und sein Mitarbeiter R. Hörnes haben diese merkwürdige Thatsache festgestellt, und was ich über dieses Gebiet zu sagen habe, ist fast ausschliesslich den trefflichen Darstellungen des Ersteren entnommen.[32]

Von Lavis im Etschthale, an der südwestlichen Ecke der Porphyrdecke, läuft der Umriss derselben ziemlich geradlinig gegen Nordost in die Richtung von Truden, östlich von Neumarkt, und scheint seine unmittelbare Fortsetzung in einer Störungslinie zu finden, welche quer über das ganze Porphyrgebiet, mehr und mehr gegen ONO. gerichtet, bis in die Nähe des Latemargebirges

mit abgesunkenem Nordflügel sich erstreckt. Dies ist die Linie von Truden; sie ist um so bemerkenswerther, als sie räumlich etwa in die Mitte zwischen den grossen Val Suganabruch und den Judicarienbruch fällt und zugleich eine mittlere Richtung einhält.

Ein zweiter wichtiger Querbruch im Porphyr ist die Linie von Tiers; sie beginnt bei Virgl in der unmittelbaren Nähe von Bozen, läuft gegen OSO. nach Tiers am Ostrande des Porphyrs und setzt sich als eine Flexur von etwa 800 M. Fallhöhe zwischen Rosengarten und Schlern fort. Auch hier ist der ganzen Länge nach der Nordflügel abgesenkt.

Eine ähnliche Flexur umgibt die gewaltige Pyramide des Langkofel gegen Nord und Nordwest.

Der Eisackfluss kreuzt den Porphyr in einer Grabensenkung, welche durch staffelförmige Verwerfungen beiläufig in judicarischer Richtung gebildet ist, und nördlich von diesen Brüchen, in der Nähe des Bergortes Klausen, trifft man den Beginn jener bedeutenden Dislocation, welche Mojsisovics als die Bruchlinie von Villnöss bezeichnet hat. Diese wollen wir etwas näher betrachten.

Dem Phyllit, welcher gegen Nord unter dem Porphyr hervortritt, ist nördlich und nordwestlich von Klausen eine Anzahl dioritischer Laccolithen eingeschaltet. Diese Massen sind nach Teller, welcher ihre Lagerung und ihre Contactzone untersucht hat, ‚als Intrusionskerne aufzufassen, welche erst nach der Abtragung der Deckschichten als freie Kuppen aus der Schichtgesteinsumhüllung heraustraten'.[33] Dies sind eben die Merkmale wahrer Laccolithen. Da Gerölle desselben Diorits von Teller in den permischen Conglomeraten unter dem Porphyr angetroffen wurden, sind diese Intrusionen von hohem Alter. Die beiden grössten dieser Körper werden von einem gegen OSO. laufenden Bruche mit gesenktem Nordflügel abgeschnitten. Dieser Bruch ist in den übereinanderliegenden Stollen am Pfundererberge auf mehr als 400 M. Höhe mit ausserordentlich steilem Einfallen aufgeschlossen worden, aber die Fallhöhe der Dislocation muss noch weit beträchtlicher sein.[34] Dies ist der westliche Beginn der Bruchlinie von Villnöss.

Sie kreuzt den Eisackfluss, läuft durch das Villnössthal hin und lässt an der gesenkten Nordseite Schollen von Porphyr im

Gebiete des Thonglimmerschiefers, endlich auch einen Sporn von Trias sichtbar werden. Im mittleren Villnöss bemisst Mojsisovics die Höhe der Dislocation auf mindestens 800 M. Nun tritt der Bruch in das Triasgebirge, und es hat an dieser Stelle nach Hörnes der Betrag der Senkung wesentlich abgenommen; gegen Campil nimmt er rasch wieder zu. Im Süden davon stellt sich im Gardenazzagebirge ein grosser, wohl 1000 M. betragender Grabenbruch ein, welcher Schollen der Kreideformation neben die rhätischen Wände legt; den Villnösser Bruch selbst begleiten kleinere und grössere Parallelbrüche, und von dem Thale von Wengen gegen Ost ist nun nicht mehr der nördliche, sondern der südliche Theil gesenkt. So setzt derselbe quer durch das Fanesgebirge und erreicht in der Nähe von Peutelstein das Thal von Ampezzo; auf dieser Strecke ist er von Gräben begleitet, in welchen, z. B. an der Senkung unter der Croda di Antruilles, Streifen der Kreideformation, eingekeilt zwischen die rhätischen Massen, vor der Denudation bewahrt geblieben sind.

Nun durchschneidet der Bruch die Masse des Monte Cristallo, von welchem gegen Süd und Südwest der hohe und lange Rücken des Monte Pomagagnon abgesunken ist. Wieder entsteht ein Graben; bevor das Mesurinathal erreicht ist enden die Brüche, aber sofort stellt sich nur wenig südlicher in Val Buona ein neuer, beträchtlicher Bruch ein, welcher sich leicht als die aus der Richtung gesprungene Fortsetzung des Bruches von Villnöss zu erkennen gibt, und dieser zieht sich am Nordrande des Monte Marmarole gegen Auronzo und von dort in's Comelico.

Sowie nun der Bruch von Villnöss, östlich vom Thale von Wengen, nicht mehr den nördlichen, sondern den südlichen Flügel absinken lässt, sieht man an den mehr oder minder parallelen Brüchen und Flexuren, welche ihn gegen Süd, bis zu den Astabrüchen hin, begleiten, ebenfalls den südlichen Flügel gesenkt; die Bruchlinie, welche den Monte Antelao durchschneidet, und die Linie von Fauzarego sind Beispiele.

Wir kehren aber zur Linie von Villnöss zurück. Ihr östlichster Theil ist durch die Arbeiten Harada's bekannt geworden. Die Richtung derselben ist von Val Buona an mehr und mehr ONO., und so wird dieselbe nahezu parallel mit dem östlichen Theile der

Val Suganalinie. In einer Entfernung von 8—10 Kilom. laufen nun etwa vom Piave angefangen beide Linien nebeneinander her, durch Quersprünge fast rechtwinkelig verbunden. Jenseits Comelico inferiore, am Fusse der Terza piccola, springt plötzlich der Villnössbruch rechtwinkelig gegen NNW. ab und umschliesst das Phyllitgebiet des Monte Zovo; dann erwacht er wieder bei Sappada für eine Strecke als Bruch eines Gewölbes. Die Val Suganalinie aber zeigt, wie Harada's Aufnahmen erkennen lassen, in diesem östlichsten Theile auf eine lange Strecke den nördlichen anstatt des südlichen Flügels gesenkt, aber es mag vielleicht die starke östliche Absenkung an dem Querbruche des Val Frisone hiezu beigetragen haben.

Mit einer grossen Flexur sinkt nun südlich von der Val Suganalinie das Gebirge südwärts zum Tagliamento ab.[35]

Die Drau- und Gailbrüche. Es sind wesentlich andere Erscheinungen, zu welchen wir nun gelangen.

Der bisher betrachtete Theil der Südalpen ist gegen West von der Judicarienlinie, gegen Nord von der aus der Gegend südlich von Meran bis gegen Brunneck sich streckenden Granitmasse und weiterhin von dem Phyllitgebirge begrenzt, welches unter den Schichtenköpfen der permischen und triadischen Ablagerungen hervortritt. Diese Schichtenköpfe ziehen vom mittleren Enneberg in leichtem Bogen ostwärts gegen die Quellen der Drau bei Innichen und nehmen von da, den Bogen fortsetzend, eine südöstliche Richtung, so dass der Phyllit ziemlich tief in das Thal des Piave hinabreicht, wo ihn das östlichste Ende des Bruches von Villnöss umgibt.

Dieses weite Gebiet nun, vom Idrosee bis Meran, bis an die Quellen der Drau und bis an den oberen Piave und auch noch ein gutes Stück des östlich folgenden Kalkgebirges umfassend, gleicht einer grossen Schüssel. In zahlreichen Sprüngen und Flexuren sinkt das Gebirge hinab zur venetianischen Ebene, aber in der westlichen Hälfte ragt ein mächtiger Horst hervor, der Stock der Cima d'Asta, welcher nicht nur dieser allgemeinen Senkung nicht gefolgt ist und so die gewaltigen Brüche an seiner Südseite hervorgebracht hat, sondern auch von diesem Südrande an bis weit gegen Nord, ja bis nahe an den Granitrand des Nordens hin,

ein entgegengesetztes, nördliches Absinken des Gebirges veranlasst hat.[36]

Der Schichtenkopf von permischen und Triasbildungen nun, welcher als der Rand der Schüssel gegen Nord und Nordost über den Phyllit sich erhebt, wird von allen Beobachtern als ein Denudationsrand aufgefasst; Loretz hat eine Reihe guter Profile über ihn veröffentlicht.[37] Es ist dies sicher kein Bruch, wenn auch zuweilen das Abfallen der Trias vom Phyllit so steil ist, dass man eine abgewaschene Flexur voraussehen möchte.

Wir treten nun über diesen Rand der Schüssel hinaus.

Jede Karte der Alpen lässt leicht erkennen, wie der Drauffluss in seinem oberen Laufe zwei sehr scharfe knieförmige Beugungen macht. Er wendet sich zuerst gegen Nordost nach Lienz, dann nach Südost gegen Oberdrauburg; von da bildet er ein zweites Knie, an dessen Scheitel Sachsenburg liegt, und die folgende gerade Strecke, welche ganz nahe östlich von Sachsenburg beginnt und bis zu der Vereinigung mit dem Gailflusse bei Villach reicht, ist der Strecke Lienz—Oberdrauburg parallel. Ganz im Gegensatze hiezu besitzt der Gailfluss von seinem Ursprunge an, welcher nahe südlich vom Drauflusse liegt, bis an den Südfuss des Dobratschberges bei Villach, also bis ganz nahe an seine Mündung, d. i. durch etwas mehr als 100 Kilom. ein geradlinig gegen OSO. verlaufendes Thal. So wird durch diese Tiefenlinien mitten in den Alpen ein Gebiet umgrenzt, welches an seiner Südseite geradlinig gegen OSO. von Sillian bis zum Dobratsch längs der Gail sich erstreckt und gegen Norden zwei keilförmige Stücke vortreten lässt; der Scheitel des einen liegt bei Lienz, jener des andern bei Sachsenburg. Es ist derselbe Raum, von welchem L. v. Buch im Jahre 1824 eine geologische Uebersichtskarte veröffentlicht hat, welche heute noch zur Erläuterung des Nachfolgenden benützt werden mag.[38]

Wer, vom Brenner oder aus dem Etschthale kommend, auf der Eisenbahn durch das enge Drauthal unterhalb Sillian gegen Lienz fährt, kann zu seiner Rechten hohe Abhänge von Kalkstein, an einzelnen Stellen auch die gewaltsam gewundenen rothen Lagen des Lias wahrnehmen, während die Abhänge zur Linken Gneiss und alte Schiefer zeigen. Sillian—Lienz ist eine Störungslinie. Die

andere Seite des Keils, Lienz—Ober-Drauburg, ist es auch, und dieser Bruch setzt sich geradlinig durch das Gitschthal gegen Südost bis gegen den Gailfluss in der Nähe von Hermagor fort und tritt dort, wie es scheint etwas mehr gegen Ost gewendet, zu jener Gruppe von Brüchen, an welchen südlich von Bleiberg die marine Kohlenformation sichtbar wird. Dies ist der Gitschbruch.[39]

Der dreieckige Raum, welchen die Linie an der Drau von Sillian bis Lienz, der Gitschbruch und das Gailthal umschliessen, ist vielfach beschrieben worden, so insbesondere von Emmrich und Stur.[40] Der Bau dieser Scholle ist, abgesehen von minder wichtigen Störungen, der folgende.

Die Schichten streichen quer über das Dreieck von Ost gegen West. Die Abhänge gegen den Gailfluss bestehen durchwegs aus Phyllit; diesem folgen einige kleine Spuren von Porphyrdecken, dann ein weithin sichtbares Band von rothem Grödener Sandstein und diesem in grosser Mächtigkeit und zu beträchtlichen Höhen sich erhebend die Triasformation. Nordwärts stürzen dann mit steilen Schichtflächen die auflagernden Plattenkalke in gewaltigen Wänden zur Tiefe und an ihren Fuss lehnen sich petrefactenreiche rhätische Bänke und die dünn geschichteten und vielfach zerknitterten Schichten des Lias. Bis ganz nahe an den Scheitel des Dreieckes reicht diese mächtige, nordwärts geneigte Serie, da plötzlich kommt jenseits des Lias wieder die rhätische Stufe hervor; das Kalkriff des Rauchkofels bei Lienz vertritt die lichten Massen der Trias; an dem kleinen Tristachersee streicht noch einmal der rothe Grödener Sandstein durch und unter demselben erscheint der Phyllit, in geringer Ausdehnung in den Heimwäldern bei Lienz den nördlichsten Theil der keilförmigen Scholle bildend.

Man könnte diese Scholle daher als einen Ausschnitt aus einer ost-westlich streichenden Synklinale bezeichnen, aber der nördliche Flügel ist im Verhältnisse zu dem südlichen von so ausserordentlich geringer Entwicklung und so ganz auf die Spitze des Dreieckes beschränkt, dass das ganze Gebiet mehr einer dreieckigen, monoklinal nordwärts geneigten Scholle mit aufgeschlepptem oder aufgestauchtem Scheitel gleicht.

Die Draulinie Lienz—Sillian, welche die Westseite des Dreieckes bildet, scheint nach den bisher bekannt gewordenen Beob-

achtungen eine sehr wichtige Verschiebungslinie zu sein. Obwohl, wie gesagt, Phyllit und Gneiss an dem linken Drauufer sich bemerkbar machen, hat doch schon Emmrich an einer Stelle des linken Ufers, an der Lienzer Klause, ein Vorkommen von rhätischen Schichten gesehen.[41]

Erst in der neuesten Zeit aber ist von Teller gezeigt worden, dass dieses Gebirge von zwei Falten von mesozoischem Kalkstein durchzogen ist, welche in vielen Punkten der S. 323 erwähnten Triasfalte vom Penserjoche gleichen. Der erste Zug ist nur 2½ Kilom. lang, befindet sich mitten im Schiefer- und Gneissgebiet, westlich von Inner-Villgraten, ist sehr steil gegen Süd geneigt und besteht aus diploporenführendem Kalkstein; er scheint von Verrucano begleitet zu sein. Weit beträchtlicher ist der zweite Zug. Dieser beginnt bei Winbach unweit Sillian, lässt hier Trias und belemnitenführenden Lias mit Bestimmtheit unterscheiden und ist nur durch einen Schuttkegel vom Drauflusse getrennt. Von hier wurde er durch Teller längs des Drauthales gegen West durch 33 Kilom. bis zu dem Dolomitriffe der Stadt Brunneck verfolgt (Fig. 29, S. 322). Dieser Zug ist eine gegen Süd überschobene Falte im Phyllit. Der Lias an seinem östlichen Ende besteht aus rothen Adneter Schichten und aus Fleckenmergel, wie im Lienzer Gebirge. Teller spricht in der That die Vermuthung aus, dass dieser lange Zug nur die verschleppte Fortsetzung des Triaszuges vom Rauchkofel, also eines Theiles des Keiles von Lienz sei.[42]

Es steht fest, dass unmittelbar nördlich von jenem Schichtenkopfe, den wir zuvor als den Rand der Schüssel bezeichnet haben, innerhalb des Phyllitgebietes, bei Brunneck sogar noch auf dem Südgehänge des Pusterthales, ein Gebiet beginnt, in welchem der Bau und die Zusammensetzung des Gebirges andere sind. An die Stelle des weiten schüsselförmigen Einbruches treten enge, in den Schiefer gepresste Falten und die Merkmale der Ablagerungen selbst weisen, wie schon vor Jahren Emmrich erkannte. auf die Nordalpen.

Wir begeben uns jetzt an die Ostseite des Dreieckes von Lienz.

Der Bau der Scholle, an deren nördlichem Scheitel Sachsenburg liegt, ist verschieden von jenem der Scholle von Lienz. Während hier der Phyllit hauptsächlich im Süden sichtbar war, die

mesozoischen Schichten sich vorwaltend gegen Nord neigten und im Norden nur ein recht kleines Stück Phyllit hervortauchte, besteht in der Scholle von Sachsenburg der nördliche Theil weithin aus Phyllit mit einem eingelagerten Zuge von Marmor, und es ist im Süden, an der Gail, das ältere Gebirge nur in mässiger Ausdehnung an grossen Brüchen sichtbar.[43]

Es ist nicht nothwendig, dieses Gebiet weiter zu verfolgen. Wir sehen den winkeligen Lauf der Drau durch Brüche bedingt,



Fig. 35. Nordrand der paläozoischen Zone südlich von Hermagor. Bruch im oberen Theile des Dukagrabens, Watschiger Alpe, Südseite des Gartnerkofels.

a, b Grenze der eingeknickten Carbonschichten gegen den weissen Kalkstein der mittleren Trias.

den nordwärts gesenkten Keil von Lienz hineinragen in das ältere Gebirge, als würde er einer von Nord kommenden Bewegung Widerstand leisten, und sehen die grosse südwärts geschobene Falte von Brunneck, welche so sehr der Kalkzone von Pens gleicht. Der Bau dieses Gebirges ist verschieden von jenem der grossen Schüssel; auch die lithologischen und paläontologischen Merkmale mehrerer Glieder sind andere; es ist dasselbe Kalkgebirge, welches von Villach viele Meilen weit nach Osten, quer durch Kärnten in das südliche Steiermark und bis an den Südfuss des Bachergebirges

südlich von der Drau sich fortsetzt, und welches wir nun bis in die Stadt Brunneck zu verfolgen gelernt haben.

In dem Winkel, welchen der Schichtenkopf der grossen Schüssel mit dem Lienzer Gebirge bildet, liegt der Beginn der Carnischen Alpen, eines Gebirgszuges, welcher durch das Auftreten petrefactenreicher Ablagerungen von obersilurischem und von carbonischem Alter ausgezeichnet ist. Vor Allem ist hier der Graptolithenschiefer zu erwähnen, welchen zuerst Stache in Kärnten, dann Taramelli in dem benachbarten oberitalienischen Gebiete antraf.[41]



Fig. 36. Südrand der paläozoischen Zone südlich von Hermagor.
Abgesunkener Kalkstein der mittleren Trias auf zerknitterten Carbonschichten; Gebirgskante im Loch, Zirkelspitzen, nördlich von Pontafel

Die Structur dieses Gebirgstheiles ist eine sehr verwickelte, und ich beschränke mein Urtheil auf den östlichen Theil, welchen ich durch wiederholten längeren Aufenthalt kennen gelernt habe. Südlich von Hermagor ist die paläozoische Schichtenreihe auf die Mitte des Gebirgszuges beschränkt, und es ist leicht erklärlich, dass man die mächtigen lichten Triaskalksteine im Norden und im Süden für normal aufgelagert, ja sogar für eine Vertretung der permischen Zeit gehalten hat. Es sind dies aber im Norden wie im Süden an Längsbrüchen eingesunkene Massen, und ist namentlich die den Botanikern als der Standort der wunderbaren Wulfenia Carinthiaca bekannte Masse des Gartnerkofels reich an Triasversteinerungen und durch sehr scharfen Senkungsbruch gegen das Carbon abgegrenzt. Aehnlich verhält es sich südwärts gegen Malborghetto

und Pontafel. Der Betrag dieser Senkungen ist ein ausserordentlich grosser, doch ziffermässig nicht festzustellen.

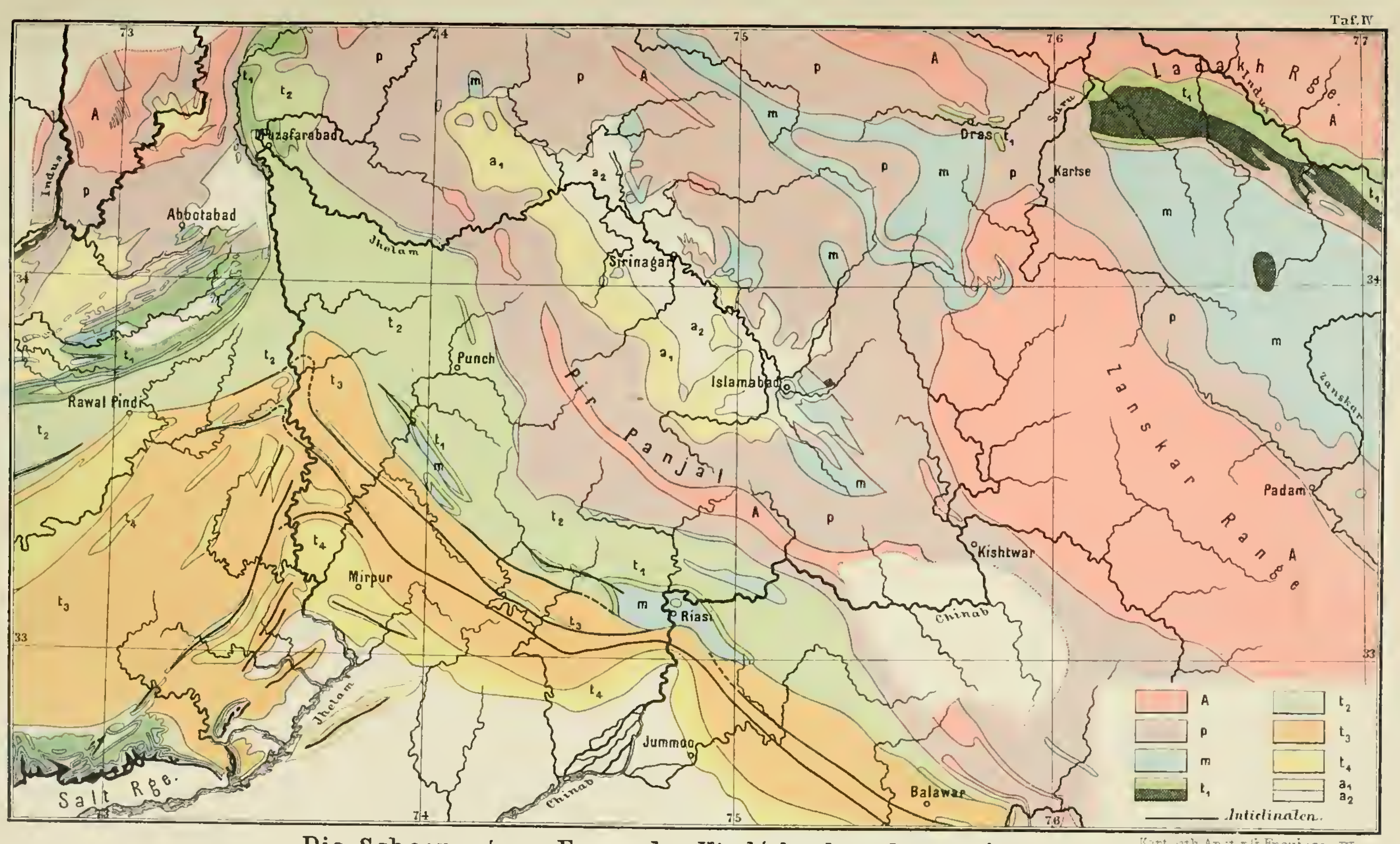
Die Karstbrüche. In der Nähe von Caporetto am oberen Isonzo zeigt sich die erste jener langen Dislocationslinien, welche von hier an jedenfalls bis Antivari, d. i. durch vier Breitegrade, wahrscheinlich aber noch viel weiter gegen Süden fortziehen, und welche mit beständigem südöstlichen Streichen für den Bau der östlichen Küstenländer des adriatischen Meeres massgebend sind.

Es gibt kein Gebiet in Europa, in welchem Dislocationen von so ausserordentlicher Länge und Regelmässigkeit bekannt wären, und es ist dasselbe durch den rühmlichen Wetteifer österreichischer Geologen im Karstgebiete, im westlichen Croatien, sowie durch die ganze Erstreckung Dalmatiens erforscht worden. Stur hat die nordwestlichen Theile am Isonzo,[45] Stache Istrien und die benachbarten Theile,[46] Hauer den Zusammenhang durch ganz Dalmatien geschildert.[47] Aber erst nachdem auch das westliche Bosnien und die Herzegowina erforscht waren, konnte Mojsisovics ihren Zusammenhang mit dem Senkungsgebiete der Südalpen andeuten[48] und konnte Bittner zeigen, dass bis in die Herzegowina das Wesen dieser langen Dislocationen dasselbe ist.[49] Endlich hat sie Tietze auf dem montenegrinischen Gebiete noch weiter gegen Süd verfolgt.[50] Es sind durchwegs Flexuren oder Brüche, deren südwestlicher, dem Meere zugekehrter Schenkel gesenkt und deren nordöstlicher Schenkel zuweilen überschoben ist. Es wiederholt sich also in weit grösserem Maassstabe der Bau der Flexuren Südtirols; während aber dort Senkung und Ueberschiebung gegen Südost, weiterhin gegen Süd erfolgte, tritt sie hier gegen Südwest ein. So vollzieht sich das Absinken des dinarischen Gebirgszuges gegen die Tiefe des adriatischen Meeres.

Die Art des Eingreifens dieser Linien in die Alpen verdient einige Beachtung.

Ein sehr grosser Bruch von beiläufig ostwestlicher Richtung schneidet nach Stur östlich von Caporetto das Gebirge von Dachsteinkalk ab, welches den mächtigen Krn und die Höhen südlich vom Wocheinthale bildet, und der Dachsteinkalk ist südwärts über die abgesunkenen Kreidekalke geschoben. Dieser Bruch scheint die Fortsetzung jener langen Dislocationslinie zu sein, welche nach

Taf. IV



Die Schaarung am Fusse des Hindú-kush und des Himalaya.

(Siehe Abschn VII. Note 1)

Taramelli's Angaben von Barcis über Gemona nach Starasella bei Caporetto läuft.

Südlich von diesem Hauptbruche zeigt sich die erste der südöstlich laufenden Linien. Sie scheint nicht in die Richtung der vorhergehenden Linie einzulenken. Sie entspricht dem Flusslaufe des Isonzo bei Tolmein, findet ihre Fortsetzung im Thale der Idria gegen Tribussa, legt bei der Bergstadt Idria, wo sie von vielen untergeordneten Brüchen begleitet ist, die überstürzten und gänzlich verkehrten Lagen des Carbon und der Trias auf eine längere Strecke knapp neben den abgesunkenen Kreidekalk[51] und verläuft weiter über Zirknitz gegen Laas.

Eine zweite Linie erscheint südwestlich von Canale, läuft nördlich von Görz an dem Fusse der über die abgesunkenen Gebirge hinübergeschobenen Bergmassen des Tarnowaner und Birnbaumer Waldes hin und ist von Stache durch die Spalte von Buccari, nördlich von Fiume, bis an die Meeresküste bei Novi und, in Zersplitterung, auf die Insel Veglia verfolgt worden.

Eine dritte Linie beginnt hart am Meere, bei Duino nordwestlich von Triest; sie führt schräge über die istrische Halbinsel und zerlegt sich hier in treppenförmige Abstürze. Im Westen von Veglia, auf der Insel Cherso, auf Lussin und Unie erscheinen die weiteren Fortsetzungen dieser istrischen Dislocationen.

So streichen, bald durch Zersplitterung vermehrt, bald in geringerer Zahl, diese grossen Störungslinien fort; eine derselben bildet einen grossen Theil der Küste des dalmatinischen Festlandes. Sie im Einzelnen gegen Südost zu verfolgen ist aber hier nicht meine Aufgabe.

Erweiterung des adriatischen Meeres. Die mitteltertiären Meeresablagerungen reichen von Norden her nicht allzuweit nach Bosnien, und was von jüngeren Schollen im Westen dieses Landes, sowie überhaupt dem periadriatischen Gebiete von Istrien bis Montenegro etwa da und dort auflagert, ist in süssem Wasser gebildet. Auch die im Gebiete der Dislocationslinien liegenden Küsten des Festlandes und die zahlreichen Inseln sind ganz frei von jenen jüngeren Meeresbildungen, welche doch sonst in so grosser Ausdehnung an vielen Küsten des Mittelmeeres angetroffen werden. Die kleine Insel Pelagosa, mitten im adriatischen Meere

und gerade an jener Stelle gelegen, an welcher sich die Inselgruppen des Ostens und des Westens am meisten nähern, ist der nördlichste Punkt, an welchem solche Ablagerungen bekannt sind, und Stache betrachtet geradezu die Inselkette Lagosta—Pelagosa—Tremiti als die Südküste des einstigen adriatischen Festlandes.[52]

In der That findet sich längs der italienischen Ostküste eine Reihe von Vorkommnissen, welche als Bruchstücke der eingesunkenen dalmatinischen Tafel aufgefasst werden können. Die erste dieser Schollen ist der Monte Conero bei Ancona. Das zweite, viel bedeutendere Stück ist das breite und vielfach gegliederte Vorgebirge des Monte Gargano. Dasselbe erhebt sich in einzelnen Theilen über 1000 M., bricht steil gegen den Apennin ab und ist durch eine von jungen Meeresablagerungen erfüllte Niederung von demselben getrennt. Seine steil geneigten Schichten bestehen nach Bucca's Angaben aus tithonischem, cretacischem und eocänem Kalkstein und aus eocänem Mergel.[53] Endlich sind hieher die ausgebreiteten Vorkommnisse von Kreidekalkstein zu rechnen, welche in den Murgien von Bari und unter den jüngeren Ablagerungen Apuliens bis Otranto hinaus bekannt sind.[54] Der Gegensatz all' dieser Strecken gegen den Apennin ist so gross, dass de Giorgi vorschlug, dieselben als ein besonderes orographisches System, als ‚Apulo-Garganische Gruppe' abzuscheiden.[55]

Zur Bekräftigung der Ansicht, dass hier ein Zusammenhang quer über die heutige Adria stattgefunden habe, macht Neumayr aufmerksam, dass nach Kobelt die heutige Landschneckenfauna des Monte Gargano nicht italienischen, sondern dalmatinischen Charakter an sich trägt.[56]

Es fehlt auch nicht an zahlreichen anderen Spuren des Zusammenhanges. In dem südlichsten Theile der istrischen Halbinsel liegen an der Ostküste sehr junge Massen von Sand über der bekannten terra rossa, welche sich von hier auf die kleinen westlichen Inseln Unie, die beiden Canidole und Sansego fortsetzen; Stache und Marchesetti haben dieselben in letzter Zeit untersucht und Marchesetti hat unter dem Sande von Sansego eine verhärtete Lage mit Schalen von lebenden Arten von Landschnecken aufgefunden. Diese Beobachter sahen hierin die Sedimente eines grösseren Stromes.[57]

Auf vielen Inseln erscheinen in Breccien die Reste grosser Landthiere; so ist kürzlich wieder von Neumayr und Woldrich das Vorkommen von Pferd, Bison, Hirsch und Rhinoceros auf Lesina als ein Beweis für den einstigen Zusammenhang dieser Insel mit dem Festlande betont worden.[58] Der merkwürdigste Fall dieser Art scheint das kleine Felsriff Silo unweit von der Südspitze der Canidole piccola zu sein. Nach Marchesetti liegt dieser Fels, dessen Oberfläche nur wenige Quadratmeter misst, so tief, dass er bei jeder höheren Fluth ganz vom Meere bedeckt wird. Nichtsdestoweniger finden sich in seiner Breccie zahlreiche Reste grosser Wiederkäuer.[59] Es ist eine bekannte Thatsache, dass auf mehreren der dalmatinischen Inseln der Schakal (Canis aureus) noch heute lebend angetroffen wird.

Es ist aber aller Grund vorhanden, zu vermuthen, dass die Bewegungen, durch welche in neuerer Zeit das adriatische Meer erweitert wurde, auch heute nicht abgeschlossen sind. Die Region der periadriatischen Brüche ist heute häufigen und verschiedenartigen Bewegungen ausgesetzt. Es ist nach den Beobachtungen von Bittner und Hörnes[60] anzunehmen, dass das bedeutende Erdbeben von Belluno vom 29. Juni 1873 auf zwei parallel gegen NNO. gerichteten Verschiebungsflächen, auf wahren Blättern, vom Südrande der Alpen quer durch dieselben bis in die böhmische Masse erfolgt und daher jenen Erdbeben sehr ähnlich gewesen ist, welche am Nordabhange der Alpen eintreten. Eine Erklärung für diese aus dem Senkungsfelde heraus erfolgende Erschütterung bin ich zu geben nicht in der Lage. Allerdings sind auch andere ähnliche Blätter mit Verschiebungen z. B. bei Raibl und im Thale von Weissenfels vorhanden, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch das grosse Erdbeben von Villach vom Jahre 1348 ein Querbeben gewesen sei.

Aber es ist eine bekannte Thatsache, dass Zengg, Zara, Ragusa und andere Theile der durch Dislocationslinien gebildeten Küstenstrecken Dalmatiens zu wiederholten Malen der Schauplatz der heftigsten Erschütterungen gewesen sind, und Hörnes hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass in den Jahren 1869 und 1870 die Karstlinie Görz—Klana—Fiume—Ottocac, d. i. die zweite der S. 345 angeführten Dislocationslinien, eine Strasse wandernder

Stosspunkte gewesen ist, welche in allen wesentlichen Merkmalen der peripherischen calabrischen Linie von 1783 gleicht. Tietze hat Aehnliches an der Dislocationslinie in der Nähe der montenegrinischen Küste bei Antivari wahrgenommen.[1]

So gut man von einer versunkenen Tyrrhenis spricht und durch thier- und pflanzengeographische Studien über die Zusammengehörigkeit der heute über dem Meeresspiegel aufragenden Reste derselben Aufschluss zu erhalten sucht, mag man auch von einer erst in später Zeit versunkenen Adriatis sprechen und ihre Umgrenzung versuchen, wenn auch die jungen Ablagerungen an der Aussenseite des Apennin und am Rande der lombardischen Ebene es wahrscheinlich machen, dass um jene Zeit die Meeresverbindung zwischen Gargano und Apennin offen war. Und während die Ereignisse an der calabrischen Linie uns das Andauern jener Vorgänge verrathen, durch welche stückweise das Festland zur Tiefe geht, sehen wir auf gerade jener Dislocationslinie, welche Istrien vom Continente scheidet, ähnliche Ereignisse unter unseren Augen sich vollziehen.

Uebersicht. Keines der Ergebnisse dieser vergleichenden Studien hat mich, ich gestehe es, in gleichem Maasse befremdet, wie die unleugbar mehr oder weniger wirbelförmige Anordnung der Hauptglieder des Alpensystems, welche in Fig. 26, S. 303 und auf Tafel III zum Ausdrucke gebracht ist. Auf die Gefahr hin,
p. 355 manches Gesagte zu wiederholen, will ich jetzt versuchen, die Anordnung der Ketten und der Senkungsfelder übersichtlich zu besprechen.

Westlich und nördlich vor dem Juragebirge und der Hauptkette der Alpen und der Karpathen liegt vielgestaltiges Land. Da treffen wir von Westen her zuerst den Westrand des grossen Horstes, welchen man das französische Centralplateau nennt, dann fast am äusseren Rande des Juragebirges seine Fortsetzung in der kleinen Gneissmasse von Dôle, in etwas grösserer Entfernung den Südrand der Vogesen, dann wieder knapp am Rande des Juragebirges das südliche Ende des Schwarzwaldes, umgürtet von dem Saume des Tafeljura. Hierauf folgt die grosse schwäbisch-fränkische Senkung vom Schwarzwalde und Odenwalde bis hinüber zum Thüringer- und Frankenwalde, zum Westrande des

Fichtelgebirges und zum bairischen Walde. Eine Stufe der grossen Einsenkung reicht bis zu dem Hauptbruche längs der Donau. Ihre Ränder lösen sich rings in Brüchen von den aufragenden Horsten, die Senkung steigert sich, wenn auch durch einzelne Grabensenkungen unterbrochen, gegen die Donau hin, und dort treten einzelne kesselförmige Einbrüche auf. Kleine eruptive Vorkommnisse werden sichtbar. Es erscheinen deutliche Beispiele von horizontaler Bewegung; namentlich ist der Ostrand des Senkungsfeldes streckenweise überkippt; auch am Rieskessel tritt ein Fall flacher Ueberschiebung ein.

Der Rand von Regensburg bis gegen Linz ist stellenweise südwärts überschoben und die Kreideformation wird dabei noch miteingefaltet.

Jenseits vom böhmischen Horste gestaltet sich das Vorland anders. Die Sudeten grenzen in grossem Hauptbruche gegen diesen Horst und liegen wahrscheinlich im Ganzen in Niederösterreich und Mähren unter der Ebene. Dann berühren sie bei Weisskirchen den Saum der Karpathen und tauchen hierauf Zone für Zone unter die Karpathen (Fig. 24, S. 246). Es ist möglich, aber nicht erwiesen, dass die zahlreichen und mächtigen Verwürfe in dem Kohlengebirge von Ostrau mit diesem Absinken in Zusammenhang stehen.

Endlich folgt weiter im Osten die russische Tafel (Fig. 25, S. 247).

Dies ist das Vorland; nun folgen die Faltenzüge.

Vor der Hauptkette liegt bogenförmig der Wall des Jura, gestaut bei Dôle, an seinem östlichen Ende mit wiederholten schuppenförmigen Ueberschiebungen hinübertretend über den vorliegenden Tafeljura. Hinter demselben folgt das Molassenland, dann die Alpen.

Es ist, wie ich meine, von entscheidender Bedeutung für das Verständniss der Alpen, dass man sich stets die Einheit des Aussenrandes vor Augen halte, wie sie sich so deutlich von dem äussersten Westen im südlichen Frankreich bis zum äussersten Osten in der Walachei zu erkennen gibt. Denn die Karpathen sind die unmittelbare Fortsetzung der äusseren Theile des Hauptstammes der Alpen. Dieser ganze Saum, festgehalten durch die Horste,

frei entwickelt über dem gesenkten Vorlande, zuletzt in weitem Bogen nordwärts vortretend, gibt sich nach Allem, was von seinem Baue bekannt ist, zu erkennen als die vordere Kante einer höher liegenden Schuppe des Erdkörpers, welche hinübertritt über gesenktes Vorland.

Diesen Saum überschreitend, treffen wir gegen das Innere des Gebirges, bald mehr, bald weniger regelmässig angeordnet, in gefalteten, überschobenen, auch durch lange Brüche gegen vorne gesenkten Ketten, Streifen und Scherben, ältere und ältere Gesteine, bis weit im Süden wieder Einsturz erfolgt.

Mannigfaltig ist das Vorland der Alpen, einheitlich ihr Aussenrand, mannigfaltig wieder ihre Innenseite.

Die Einstürze oder Einsenkungen der Innenseite erfolgen auf verschiedene Art. In den Karpathen sind es Brüche mit vulcanischen Eruptionen; bald greifen sie tief ins Gebirge, wie von Tokaj gegen Eperies, und es bleibt nur die Flyschzone des Gebirges sichtbar, bald wieder bleibt der innere Theil des Gebirges in grosser Breite sichtbar, wie unmittelbar westlich davon. Die Senkung von Wien, jene am Ostrande der Alpen bei Landsee und südlich davon von dem Sporn bei Güns bis hinab zum Bachergebirge wurden bereits ausführlicher erwähnt.

Hier, südlich vom Bacher, scheint jener selbständige, einseitige Ast der Alpen Ursprung zu nehmen, welcher als das ungarische Mittelgebirge gegen Nordost zur Innenseite der Karpathen zieht und dessen versenkte innere Zonen unter dem Plattensee liegen; ihre Reste erscheinen bei Stuhlweissenburg.

In Uebereinstimmung mit Mojsisovics meine ich die vereinzelten Gebirgsstöcke, welche, westlich von Agram beginnend, im Süden längs der Save, im Norden bis über Fünfkirchen hin aus der Ebene hervortauchen, als Theile einer grossen, ihrer Zusammensetzung wie ihrem Baue nach den Alpen fremden Masse ansehen zu sollen. An diese ist die von Serpentinzügen begleitete Flyschzone des dinarischen Zweiges gestaut, welcher unter dem Einflusse dieser nahen Masse nicht in gleich typischer Weise wie die anderen Zweige des Alpensystems sich zu entwickeln vermag. Schon von der Senkung von Laibach her und bis hinab nach Montenegro, so weit die neueren Untersuchungen reichen, ziehen

langgestreckte Körper von Schiefer, grösstentheils von carbonischem Alter hin, weit mehr den flachen Gewölben der toscanischen Catena metallifera gleichend, als den Gneisskernen der Alpen. Sie bilden die älteste Serie dieses Gebirges, und westlich von ihnen beginnen jene langen, ihnen parallel streichenden Brüche und Flexuren, an welchen alles westliche Land absinkt gegen das adriatische Meer. Der Karst ist sammt der Halbinsel Istrien nur ein Stück dieses selben Gebirges; dieselben Störungslinien durchziehen ihn und ihre Richtung prägt sich scharf aus in dem gezackten Laufe des Isonzo.

Nun sind wir wieder an dem Hauptstamme der Alpen angelangt. Wo am Isonzo diese Linien in die Alpen eingedrungen sind, erscheinen neue Brüche, welche nun weithin bis Meran und bis an den See von Idro sich erstrecken. Alle diese grossen Linien, von Montenegro bis an den See von Idro, umgeben das adriatische Meer gegen Ost, Nord und Nordwest und können mit Recht die periadriatischen Brüche genannt werden.

Diese Linien bezeichnen Treppen der Absenkung und das adriatische Meer liegt in der Tiefe der Senkung. Die Lage des adriatischen Meeres ist daher in dem Gefüge der Südalpen vorgezeichnet. Aus dieser allgemeinen Absenkung ragt jedoch in Südtirol die granitische Masse der Cima d'Asta als ein Horst hervor, und was nordwärts von dieser liegt, ist in entgegengesetztem Sinne abgestuft; die periadriatischen Linien zeigen aber in dem ganzen Gebiete nicht nur Absenkung, sondern auch ein Herübertreten des höheren über den gesenkten Gebirgstheil und da, mit Ausnahme des Gebietes nördlich von der Cima d'Asta, der letztere stets dem Meere zunächst liegt, erfolgt die Ueberschiebung rings von den Gebirgen gegen das Meer, d. i. von der Höhe gegen die Tiefe der Senkung. Sie ist daher in dem Etschbuchtgebirge und am Gardasee gegen Südost, südlich von der Cima d'Asta gegen SSO. oder Süd, in Istrien, Croatien und Dalmatien aber gegen Südwest gerichtet.

Diese verschiedenen periadriatischen Dislocationslinien sind, wie sich zeigt, nach demselben Grundplane gebaut; verticale und horizontale Bewegung ist eingetreten und zugleich scheinen alle Umstände die im amerikanischen Westen schon vor Jahren von Gilbert gewonnene Anschauung zu bestärken, dass die verticale

Bewegung eine tiefer liegende, die horizontale eine mehr oberflächliche sei (S. 144).

Es liegt die Versuchung nahe, diese Erfahrungen auf die nördlichen Alpen anzuwenden und in wesentlicher Annäherung an die von Herrn Lory in den Westalpen vertretenen Ansichten alle Falten der Nordalpen als überschobene Brüche oder Flexuren anzusehen.[62] Ich bin der Meinung, dass dies über den wahren Sachverhalt hinausführen würde.

In den Südalpen treten, wie sich zeigte, senkende und tangentiale Bewegungen ein; parallele Flexuren mögen so parallele schiefe Synklinalen und auch Schuppenstructur erzeugen. Es mag in den Westalpen im Angesichte des französischen Centralplateaus durch grosse Bruchlinien der Bau der Alpen wesentlich beeinflusst sein, und Aehnliches scheint nach den neueren Beobachtungen in den Nordalpen in der Nähe der böhmischen Masse einzutreten. Aber die Falten der Finsteraarhornmasse, welche sich in derselben Felswand mehrfach übereinander wiederholen und in welchen der Jurakalk nach oben und nach unten von Trias umgeben ist, die Faltensättel des Pilatus oder Säntis, alle die in sich selbst zusammengeknitterten Gebirgstheile gestatten eine solche Erklärung nicht. Der Verlauf der langen Jurawellen, die Bewegung und Stauung der Alpenkette in ihrer Gesammtheit, die Structur der Karpathen mit ihren langen, durch die Bauten auf Erdöl erschlossenen Sätteln zeigen ein unverkennbares Uebergewicht der tangentialen Richtung, wenn auch in den letzten Jahren in dem nördlichen Theile der Ostalpen eine grosse Anzahl von Senkungen nachgewiesen worden ist, und wenn auch ganz insbesondere die Südgrenze der Flyschzone in diesem Theile der Alpen mehr und mehr sich als eine ausserordentlich grosse und langgestreckte überschobene Dislocation herausstellt.

Es besteht aber vor Allem ein durchgreifender Unterschied zwischen dem nördlichen und dem südlichen Theile der Ostalpen darin, dass im Norden alle tangentiale Bewegung gegen aussen, etwa gegen die böhmische Masse gerichtet ist, während in dem ganzen betrachteten Theile der Südalpen diese Bewegung gegen innen, gegen die concave Seite der Curve, d. i. gegen die Tiefe der adriatischen Senkung gerichtet ist. Das ist das Bestreben die

Senkung zu überschieben, welches wir (S. 187) auch an ausseralpinen Gebirgen wahrgenommen haben (S. 182).

Dieses Senkungsfeld entspricht seiner Lage nach einer weiteren Umgrenzung des adriatischen Meeres, und es mag daher recht wohl gesagt werden, dass der Rand der adriatischen Senkung bis nach Meran in die Alpen greife. Zugleich zeigt aber ein Blick auf Taf. III, dass eine ganz sonderbare Uebereinstimmung in den Umrissen des adriatischen Meeres, dieses Senkungsfeldes und des fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes jenseits der Alpen besteht. Zwischen den letzteren aber liegt, einem versteiften Balken ähnlich, die zusammengefaltete Masse der Alpen.

In den Südalpen trifft man weiter gegen West, etwa an der grossen Flexur der Maniva beginnend, ein zweites, das lombardische Senkungsgebiet, in dessen östlichem Theile, am Comersee, auch eine südwärts überschobene Flexur bekannt ist. Im Innern der Alpen bezeichnet der ganz eigenartige vulcanische Stock des Adamello beiläufig die Scheide beider Gebiete.

So stehen also dem Apennin zwei Senkungsfelder gegenüber, nämlich das lombardische und das adriatische. Bei Ancona, am Monte Gargano und in Apulien ragen Reste des gesunkenen Adrialandes hervor. Wenn die früher gestellte Frage, wo denn eigentlich der von Verona gegen Südost nach Este ziehende Rand der Alpen seine Fortsetzung finde, eine tiefere Berechtigung besässe, wenn man überhaupt berechtigt wäre, einen solchen einheitlichen Rand vorauszusetzen, müsste man sagen, dass diese Fortsetzung von Este in derselben Richtung gegen Südost an der Westseite des Monte Conero bei Ancona und weiter an der Westseite des Monte Gargano zu suchen sei.

Der Apennin, welcher weitaus selbständiger auftritt als die bisher aufgezählten Zweige des Alpensystems, wiederholt nun jenen Vorgang, von welchem der Aussenrand der Alpen Zeugniss gibt. Unerachtet der Mannigfaltigkeit des Vorlandes tritt er in ununterbrochener, stetiger Curve gegen die lombardische, wie gegen die adriatische Senkung vor und ganz wie der äussere Saum der Alpen erscheint uns auch dieser Saum wieder als die vordere Kante einer höher liegenden Schuppe des Erdkörpers, welche hinübertritt über tiefer liegendes Vorland.

Wir übersteigen den Apennin und befinden uns an seiner Westseite wieder im Gebiete der Einstürze; Vulcane begleiten sie, wie in den Karpathen; wie bei Eperies nur die Flyschzone zurückgeblieben war, so ist es bei Florenz wieder; dieselbe Zertrümmerung des inneren Randes wiederholt sich.

So zeigt sich also in dem allgemeinen Vortreten der stetigen Curven dieser Schuppenränder über mannigfach gesenktes und gebrochenes Vorland das Wesen des ruthenförmigen Auseinandertretens der einzelnen Aeste der Alpen, der Virgation des Gebirges. Diese Anordnung bringt es aber mit sich, dass eine Region, welche Rückland ist für einen Ast, das Vorland bildet für den nächstfolgenden.

Die Faltenkette ist stets scharf abgegrenzt gegen das Vorland, aber ihre Beziehungen zu dem Rücklande sind in den Alpen sehr schwer zu erkennen. Zwischen dem mittelungarischen und dem dinarischen Zuge scheint wirklich ein fremder alter Kern vorhanden zu sein. Im Apennin tritt dagegen eine Reihe von Beziehungen zum Rücklande recht deutlich hervor, wie Lotti kürzlich gezeigt hat.[63] Auf Elba liegt nämlich unter den Silurschichten alter Serpentin, welcher auf Giglio und Argentario und im nordöstlichen Corsica sich fortsetzt und wahrscheinlich den grossen alten Serpentinmassen der westlichen Südalpen entspricht. Es folgen Ablagerungen von wahrscheinlich permischem Alter, aber nun fehlt dem ganzen Inselgebiete die Trias, sowie sie dem grössten Theile der Catena metallifera auf der Halbinsel fehlt, und da wie dort, in der Catena metallifera, in Elba und auf Corsica liegt die rhätische Stufe transgredirend sogar auf vorsilurischen Gesteinen. Eine weitere Transgression tritt auf Elba für einen Theil des oberen Lias ein; über diesem folgt eine neue grosse Lücke für das ganze Gebiet und die eocänen Schichten transgrediren wie in der Halbinsel auch auf Elba und Corsica über weit ältere Gesteine.

Man sieht also das Rückland durch Lücken und Transgressionen ausgezeichnet, und der Umstand, dass diese selben Unterbrechungen der normalen Schichtfolge bis in die inneren Ketten des Faltengebirges, namentlich in die Catena metallifera zu verfolgen sind, zeigt den einstigen Zusammenhang an.

Anmerkungen zu Abschnitt III: Die adriatische Senkung.

[1] J. Trinker, Bericht über die im Sommer 1846 vorgenommene geogn. mont. Reise in Südtirol, in: Bericht über die IX. Generalversammlung des Vereines zur geogn. mont. Durchforschung von Tirol und Vorarlberg, 8°, Innsbruck, 1847, S. 9, 17.

[2] Escher in B. Studer's Geol. der Schweiz, 1851, I, S. 294.

[3] Curioni hat hauptsächlich den südlichen Theil, und zwar die Einbuchtung des Tonalits gegen Blumone und den hohen Uebergang in das Thal des Leno, ferner Lago di Campo beschrieben; über den Forcellinapass ist Ragazzoni gegangen; G. Curioni, Ricerche geol. sull' Epoca dell' Emersione delle Rocce sienit. (Tonalite) della Catena d. Monti dell' Adamello; Mem. Ist. Lomb., 1873, XII, p. 341—360. Bemerkenswerth sind die hier beschriebenen Keile von Schiefer, Kalk und Granitfels in Tonalit.

[4] R. Lepsius, Das westliche Südtirol, 4°, Berlin, 1878, insbes. S. 67—77, 148—152, 189, 191—229, 334, 336 u. A.; auch Verhandl. geol. Reichsanst., 1879, S. 339—343.

[5] G. Stache, Die Umrandung des Adamellostockes und die Entwicklung der Permformation zwischen Val buona, Giudicaria und Val Camonica; Verhandl. geol. Reichsanst., 1879, S. 300—310; Aus den Randgebieten des Adamello, ebendas., 1880, p. 252—255, u. a. and. Orten.

[6] Lepsius, Südtirol, S. 76; Doelter's Bemerkungen hiegegen in den Verhandl. geol. Reichsanst., 1878, S. 349—351; Lepsius, ebendas. 1879, S. 31.

[7] Fig. 27 ist dieselbe Stelle, welche von Lepsius, Südtirol, S. 73 und 222 abgebildet wurde; Cima Bruffione bei Lepsius ist Corno Busecca; die Feststellung der tafelförmigen Gestalt der Porphyreinschaltungen habe ich insbesondere Dr. C. Diener zu danken, welcher das Gehänge bis zu den entscheidenden Stellen erklettert hat.

[8] Diese Stelle, welche sehr klar und lehrreich ist, wurde kürzlich von Bittner ausführlich beschrieben; Ueber die geol. Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia; Jahrb. der geol. Reichsanst., 1881, XXXI, S. 219 u. folg.

[9] G. Stache, Verhandl. der geol. Reichsanst., 1879, S. 127, 250.

[10] C. W. C. Fuchs, Die Umgebung von Meran; Neu. Jahrb., 1875, S. 812—848, Taf. XVI.

[11] F. Teller, Ueber die Aufnahmen im unteren Vintschgau und im Iffinger-Gebiete bei Meran; Verhandl. der geol. Reichsanst., 1878, S. 392—396; Aufnahmen zwischen Etsch und Eisack, ebendas. 1880, S. 91—98; Tektonik der Brixener Granitmasse und ihrer nördlichen Umrandung, ebendas. 1881, S. 69—74; Aufnahme im Hochpusterthale, ebendas. 1882, S. 342—346; siehe auch Pichler, Beitr. z. Geogn. von Tirol, Neu. Jahrb. f. Min. 1871, S. 256 u. folg.

[12] Teller, Verhandl. geol. Reichsanst., 1882, S. 345.

[13] Hier habe ich grosse Blöcke von wachsgelbem Hornstein angetroffen, wie sie mir sonst nirgends in den Alpen begegnet sind; möglicher Weise stammen sie aus dem Contact von Tonalit und Schiefer.

[14] E. Mojsisovics v. Mojsvár, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, 8°, 1879, S. 106, 515, 518 u. A.

[15] T. Taramelli, Geol. delle Prov. Venete; Mem. Accad. Lyncei, 1882, XIII, tav. II.

[16] L. v. Buch, Ueber die geogn. Beschaffenheit der Gegend von Pergine; Der Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin neue Schriften, 1801, III, S. 233; auch in den Geogn. Beob. auf Reisen 1802 und Gesamm. Schriften, hgg. von Ewald, Roth und Eck, 1867, I, S. 328; auch G. v. Rath, Die Lagoraikette und das Cima d'Astagebirge; Jahrb. geol. Reichsanst., 1863, XIII, S. 121—128.

[17] Diese Stelle ist von mir beschrieben worden in: Ueber die Aequivalente des Rothliegenden in den Südalpen, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, LVII, 1868, S. 230 u. folg. Taf. I; auch Entstehung der Alpen, S. 86—89, und Mojsisovics, Dolomitriffe, insbes. S. 417.

[18] Diese westliche Gegend hat W. Gümbel beschrieben in: Geogn. Mittheil. aus den Alpen, III; Sitzungsber. Akad. München, 1876, VI, S. 61 u. folg.

[19] Toyokitsi Harada, Ein Beitrag zur Geol. des Comelico und der westlichen Carnia; Jahrb. geol. Reichsanst., 1883, XXXIII, S. 151—188, Taf. I, II.

[20] T. Taramelli, Spiegazione della Carta geol. del Friuli, 12°, Pavia, 1881, p. 172, und: Geol. delle Prov. Venete (Mem. Accad. Lyncei, XIII, 1882), p. 201, tav. II.

[21] D. Stur, Das Isonzothal von Flitsch abwärts bis Görz u. s. w.; Jahrb. geol. Reichsanst., IX, 1858, S. 365, 366.

[22] M. Vacek, Die Sette Communi, Verhandl. geol. Reichsanst., 1877, S. 211—213 und 301—305; Bittner, Die Tertiärbildungen von Bassano und Schio, ebendas. S. 207—210, und: Das Tertiär von Marostica, ebendas. 1878, S. 127—130.

[23] M. Vacek, Die Umgebungen von Roveredo; ebendas. 1878, S. 341—345; Umgebungen von Trient, ebendas. 1881, S. 157—162; Nonsberg, ebendas. 1882, S. 42—46; A. Bittner, Sedimentgebilde in Judicarien, ebendas. 1880, S. 233—238; derselbe, Jahrb. geol. Reichsanst., 1881, XXXI, S. 359 u. folg. u. a. and. Orten.

[24] Edm. Fuchs, Étude sur les gisements metallifères des Vallées Trompia, Sabbia et Sassina, Ann. d. Mines, 6e sér., XIII, 1868, p. 420, pl. XVI, Fig. 7; ich bin nicht sicher, ob die von Edm. Fuchs und später von mir beschriebenen Gänge des Val Trompia den judicarischen Flexuren oder richtiger den sofort zu besprechenden Nordsüdsprüngen zuzuzählen seien; Ueber das Rothliegende im Val Trompia, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1869, LIX, S. 107 u. folg. Die grosse Verwicklung des Baues dieser Gegend hat neuerdings Bittner dargestellt in seinen Nachträgen zum Berichte über die geol. Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia, Jahrb. geol. Reichsanst., 1883, XXXIII, S. 438 u. folg.

[25] In ihrem südlichen Theile wendet sich die Baldolinie allerdings aus dem judicarischen Streichen gegen West und Senkung und Ueberschiebung erfolgen gegen Süd; Bittner, Der geol. Bau des südlichen Baldogebirges, Verhandl. geol. Reichsanst., 1879, S. 396—402, und Enr. Nicolis, Note illustr. alla Carta geol. d. Prov. di Verona, 8°, Verona, 1882, p. 118—122.

[26] So wenigstens würde sich aus Goiran's Ortsbezeichnungen ergeben; dessen Meteorologia endogena, 12°, Verona, 1879, p. 22 u. folg.

[27] Zunächst muss erinnert werden, dass östlich und südöstlich von Trient, in der Richtung gegen Pergine und den Lago di Caldonazzo, die Enden der grossen Astasprünge liegen. Thonglimmerschiefer wird bis hieher zwischen den Sprüngen sichtbar und die Endigung der Sprünge scheint mit einem localen Auskeilen der Porphyrdecken zusammenzufallen (Fig. 29). Nun vollzieht sich nach Vacek die Umbeugung der ersten Flexur quer über den Etschfluss in solcher Weise, dass dieselbe, aus Südwest, vom Orto d'Abramo herziehend, gerade nördlich von Trient die östliche Richtung erreicht, also nördlich von dem Ende der Astasprünge, und dass diese Flexur hiebei windschief wird. Während nämlich im Orto d'Abramo bei judicarischem Streichen auch in judicarischem Sinne der Ostflügel gesenkt und der Westflügel über denselben getreten ist, zeigt das nördlich von Trient liegende und gegen Ost streichende Stück den nördlichen Flügel gesenkt, und der südliche ist über diesen geschoben. Eine zweite Flexur streicht in gleicher Richtung wie jene des Orto d'Abramo, vom Monte Bastornata nördlich von Rovereto zur Etsch und

übersetzt das Thal mit ähnlicher Krümmung bei Calliano, also südlich von den Astasprüngen, und diese wird nicht windschief, sondern es bleibt derselbe, also im M. Bastornata der östliche, jenseits Calliano der südliche Flügel gesenkt. Gegenüber von der nördlichen Flexur (Orto d'Abramo—S. Agatha nördl. von Trient) befindet sich am M. Kalis zwischen S. Agatha und dem Porphyr eine in SSW. überbogene Flexur, als würde zwischen dem Ende der Astabrüche und der Porphyrmasse von Lavis ein kleinerer Graben durchziehen; Vacek, Verhandl. geol. Reichsanst., 1881, S. 161.

28 Vacek bei Bittner, V. Sabbia, Jahrb. geol. Reichsanst., 1881, XXXI, S. 365.

29 Bittner, Das Alpengebiet zwischen Vicenza und Verona, Verhandl. geol. Reichsanst., 1877, S. 226—231.

30 Ders., Vorlage der Karte der Tredici Communi, ebendas. 1878, S. 59—63.

31 Dieser grosse Bruch wurde von Schauroth im Jahre 1855 als solcher erkannt; in seinem nördlichsten Theile hat Bittner Aufschleppung des westlichen Flügels angetroffen, während von Schio gegen Süd der östliche, gesunkene Flügel aufgeschleppt ist; Verhandl. geol. Reichsanst., 1879, S. 77. Es ist ganz dieselbe Erscheinung, welche S. 172 an den Sprüngen des Coloradoplateaus erwähnt wurde.

32 Edm. Mojsisovics v. Mojsvár, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, 8°, Wien, 1879 u. Karte; die Uebersicht der Störungen auf S. 515 u. folg.; für die Linie von Truden S. 135, Linie von Tiers S. 131, 181, Linie unter dem Langkofel S. 193, Villnösslinie S. 123, 206, 220, 255, 265 u. a. and. Orten.

33 F. Teller und C. v. John, Geol. petrogr. Beitr. zur Kenntniss der dioritischen Gesteine von Klausen in Südtirol, Jahrb. geol. Reichsanst., 1882, XXXII, S. 589—684, 2 Taf., insb. S. 636 u. 672.

34 Teller hält diesen Bruch zugleich für den Eruptivcanal der Laccolithen; das steile Einfallen desselben ist ersichtlich bei F. Pošepny, Die Erzlagerstätten am Pfundererberg, Archiv f. prakt. Geol., I, 1880, Taf. X, Fig. 2, 3.

35 Toyokitsi Harada, Ein Beitr. z. Geol. des Comelico u. der westlichen Carnia, Jahrb. geol. Reichsanst., 1883, XXXIII, S. 151—188, 2 Taf., insb. S. 153 u. 186. Die Ueberkippung der Tagliamentoflexur vor dem Bruche der Scholle Ugoi-Lavinamondo (S. 178) erinnert ausserordentlich an das Verhalten der Flexur von S. Orso gegen den Bruch von Schio.

36 Man trifft alle wesentlichen Züge dieser Auffassung, so die Betonung der ‚auffallenden Localisirung der Nordwerwerfungen' und Andere schon in der ersten Gesammtdarstellung dieses Bruchnetzes durch Edm. v. Mojsisovics, Dolomitriffe, S. 515 u. folg.

37 H. Loretz, Das Tirol-Venetianische Grenzgebiet der Gegend von Ampezzo, Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 1874, XXVI, Taf. VIII, Fig. 1—5; Taf. IX, Fig. 6.

38 L. v. Buch, Ueber die karnischen Alpen; ein Schreiben an d. Geheimrath v. Leonhard, Mineral. Taschenb. f. 1824, S. 396—437, Taf. IV; auch L. v. Buch's Gesamm. Schriften, herausg. v. Ewald, Roth u. Dames, III, 1877, insb. S. 177 u. folg., Taf. V.

39 Edm. v. Mojsisovics hat denselben beschrieben; Verhandl. geol. Reichsanst., 1872, S. 351—353; die Brüche bei Bleiberg habe ich ausführlich besprochen in: Aequiv. des Rothliegenden, I, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1868, LVII, S. 252 u. folg., Taf. I.

40 H. Emmrich, Notiz üb. d. Alpenkalk der Lienzer Gegend, Jahrb. geol. Reichsanst., 1855, VI, S. 444—453; D. Stur, Geol. Verhältnisse der Thäler der Drau, Isel, Möll und Gail, ebendas. 1856, VII, S. 414—424 u. Prof. Es hat Mojsisovics einige Brüche im Süden erkannt, welche ich für den Bau der ganzen Scholle nicht für so massgebend hielt, um sie hier hervorheben zu sollen; Verhandl. geol. Reichsanst., 1873, S. 235—237.

41 Dies dürfte übereinstimmen mit dem von Stur angeführten Auftreten von Alpenkalk bei Bannberg.

42 F. Teller, Neue Vorkommnisse diploporenführender Dolomite, Verhandl. geol. Reichsanst., 1883, S. 193—200.

43 An wenigen Orten tritt die Bedeutung der grossen Bruchlinien für den Bau der Alpen so eindringlich zu Tage wie in dem westlichen Theil der Sachsenburger Scholle, etwa auf einer Wanderung von Lind im Drauthale gegen Süd nach S. Lorenzen am Gitschbruche. In Fellbach oberhalb Lind beginnt der Anstieg. Wir gehen über südlich geneigten Thonglimmerschiefer, welcher gegen oben grüne Lagen aufnimmt. Es folgt gegen Süd geneigt der Grödener Sandstein und in schönem Aufschlusse, beinahe senkrecht gestellt, die untere Trias, dabei Lagen mit Spir. fragilis, Retzia trigonella u. A. Auf der Höhe des Rückens liegt Marmor, blaugrau und geschichtet, 50—60° S. ein wenig in W. geneigt. Wir steigen über zahlreiche Schichtenköpfe hinab zum Weissensee, denn der Triaskalk ist steiler gegen Süd geneigt als der Abhang. Der See liegt beiläufig im Streichen; wir kreuzen ihn an seiner engsten Stelle; erst steigen wir jenseits über weissen Dolomit, dann folgt schwarzer Schiefer mit Resten von Fischen und Krebsen, wohl der Fischschiefer von Raibl, hier mit Hornsteinlagen; er ist nur 30—40° S. etwas in W. geneigt. Der zweite Rücken ist erstiegen und gewährt uns einen herrlichen Blick über die südlichen Gipfel; noch immer hält dieselbe Fallrichtung an; unter der Lorenzer Hütte folgt brauner Schiefer mit zahlreichen Schalen von Cardita. Die Neigung ist 45° Süd. Dem Schiefer folgt Dolomit, in grösseren Wänden entblösst. Absteigend erreichen wir geschichteten Kalk; es ist der Plattenkalk. Dieser stellt sich steiler, endlich senkrecht und vollzieht einige S-förmige Beugungen; ein kurzer Abhang folgt gegen S. Lorenzen; der Plattenkalk biegt auf dieser kurzen Strecke fächerförmig bis zu 30° Nordfallen um. Die Sohle des Gitschthales ist erreicht. Der grüne jenseitige Abhang ist Phyllit. Jede Fortsetzung der mächtigen in Süd geneigten Serie, durch welche wir seit dem Köhlerhause ob Fellbach gegangen waren, ist verschwunden. Der Weg betrug in der Luftlinie 9 Kilom., die Mächtigkeit zum Mindesten 3—4 Kilom. Alles ist abgesunken an dem Gitschbruche.

44 Zuletzt dargestellt von G. Stache, Aus dem Westabschnitt der karnischen Hauptkette. — Die Silurformation des Wolayergebirges und des Paralba-Silvellarückens; Verhandl. geol. Reichsanst., 1883, S. 210—216.

45 D. Stur, Das Isonzothal von Flitsch abwärts bis Görz u. s. w., Jahrb. geol. Reichsanst., 1858, IX, S. 324—367 u. Taf. Auf S. 366 befindet sich eine sehr treffende Darstellung der passiven Ueberschiebung der grossen tafelförmigen Kalkgebirge über die eocänen Mergel und Sandsteine des gesenkten Flügels; für den ob. Isonzo auch F. v. Hauer, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. 1857, XXV, S. 328 u. folg.

46 G. Stache, Die Eocängebiete in Innerkrain und Istrien, ebendas. 1859, X, S. 272—332, Taf. VIII; 1864, XIV, S. 11—116, Taf. I und 1867, XVII, S. 243—290, Taf. VI.

47 F. v. Hauer, Erläuterungen zur geol. Uebersichtskarte der österr. Monarchie, ebendas. 1868, XVIII, S. 431—454 u. a. and. Orten; G. Stache, Geol. Uebersichtskarte der Küstenländer von Oesterreich-Ungarn, 1878, Fol.

48 Edm. v. Mojsisovics, E. Tietze und A. Bittner, Grundlinien der Geol. von Bosnien-Herzegowina, Jahrb. geol. Reichsanst., 1880, XXX, S. 17, 21; vgl. Entstehung der Alpen, S. 92.

49 Bittner, ebendas. S. 265, 269.

50 E. Tietze, Geol. Uebersicht von Montenegro, ebendas. 1883, XXXIV, S. 92.

51 M. V. Lipold, Erläut. zur geol. Karte der Umgebung von Idria, ebendas. 1874, XXIV, S. 425—456, Taf. IX, X; auch Stur, Verhandl. geol. Reichsanst., 1872, S. 234—240.

52 G. Stache, Geol. Notizen über die Insel Pelagosa, Verhandl. geol. Reichsanst., 1876, S. 123—127; vgl. auch Stur, ebendas. 1874, S. 391; über das Adrialand auch Mojsisovics, Dolomitriffe, S. 531; Marchesetti, Descrizione dell' isola di Pelagosa, Boll. Soc. Scienze Nat. Trieste, 1876, II, S. 283—306; R. F. Burton, A Visit to Lissa and Pelagosa, Journ. geogr. Soc., 1879, XLIX, p. 184 u. folg.

53 L. Bucca, Appunti geol. sui Monti del Gargano, Boll. com. geol., 1881, XII, p. 556 u. 563.

54 C. de Giorgi, Note stratigr. e geol. da Fasano ad Otranto, ebendas. 1881, XII, p. 187—203, tav. IV.

Taf. III

d d *Donaubruch*
H *Höhgau*
R *Ries*
q q *Quarzgänge*
T *Flysch-Rest bei Turin*
L *Einbruch von Laibach*
C *M. Conero bei Ancona*
G *M. Gargano*
P *Pacher Gebirge*

I *Die lyerische Masse*
II *Das französische Central Plateau*
III *Die Masse von Dôle*
IV *Vogesen*
V *Schwarzwald*
VI *Die böhmische Masse*
VII *Die Sudeten*
VIII *Die russische Tafel*
IX *Die croatische Masse*

Kart lith Anst v G Freytag in Wien

Der Hauptstamm der Alpen.

55 Ders., ebendas. 1879, X, p. 622.

56 M. Neumayr, Ueber den geol. Bau der Insel Kos, Denkschr. Akad. Wien, 1879, XL, S. 263 Note; Kobelt, Jahrb. deutsch. malakoz. Ges., 1879, S. 1 4.

57 Stache, Verhandl. geol. Reichsanst., 1872, S. 221; C. Marchesetti, Cenni geol. sull' isola di Sansego; Bollet. soc. adriat. Trieste, 1882, VII, p. 289—304.

58 M. Neumayr, Verhandl. geol. Reichsanst., 1882, S. 161; J. Woldrich, Beitr. z. Fauna der Breccien u. s. w., Jahrb. geol. Reichsanst., 1882, XXXII, S. 454 u. folg.

59 Marchesetti, a. ang. Orte, p. 300.

60 Bittner, Beitr. zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873, Sitzungsber. Akad. Wien, 1874, LXIX, 2. Abth., S. 541; R. Hörnes, Erdbebenstudien, Jahrb. geol. Reichsanst., 1878, XXVIII, S. 387—448, Taf. XI; für die Erschütterungen der Südalpen in Zusammenhang mit den Dislocationslinien insbes. H. Hoefer, Die Erdbeben Kärntens und deren Stosslinien, Denkschr. Akad. Wien, 1880, XLII, 90 S., 3 Taf. (S. 87 Einsenkung der Adria) und R. Canaval, Das Erdbeben von Gmünd am 5. November 1881, Sitzungsber. Akad. Wien, 1882, LXXXVI, S. 353—409, 2 Taf.; Tietze, Geol. Uebersicht von Montenegro, S. 65 und 93.

61 Hörnes, Erdbebenstud., S. 433 u. a. and. Orten. Hauptsächlich auf Grund der Arbeit von D. Stur, Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870, Jahrb. geol. Reichsanst. 1871, XXI, S. 231—264, Taf. IX, X.

62 Ch. Lory, Essai sur l'Orographie des Alpes occid., 8°, Grenoble, 1878; Coup d'œil sur la Structure des Massifs primitifs du Dauphiné; aus d. Bull. de la section de l'Isère du Club alpin franç., II, 1878 u. a. and. Orten.

63 B. Lotti, Osserv. geol. sulle isole dell' Archipel. toscano, Boll. com. geol., 1884, XV, p. 56—61.

VIERTER ABSCHNITT.

Das Mittelmeer.

Fünf historische Phasen von ungleichem Werthe. — Beziehungen zu Amerika. — Der atlantische Ocean. — Guadalquivir, Gironde, Rhône. — Erste Mediterranstufe. — Der Schlier. — Zweite Mediterranstufe. — Das sarmatische Binnenmeer. — Die pontischen See'n. — Neuere Zeit. — Nordische Gäste. — Die letzten Einbrüche. — Uebersicht.

Die silurischen Ablagerungen des mittleren und südlichen Europa unterscheiden sich in ihrer Gesammtheit auf eine nicht unwesentliche Weise von den gleichaltrigen Ablagerungen des Nordens. Es ist für einen beträchtlichen Theil der jurassischen Zeit das Dasein einer ‚mediterranen Provinz', welche auch die Alpen und die Karpathen umfasst, im Gegensatze zu einer nordeuropäischen Provinz, als erwiesen anzunehmen. In noch jüngeren Ablagerungen tritt deutlich der Einfluss des wärmeren Klima's in dieser mediterranen, aber stets die Alpen mit umfassenden Region hervor, so z. B. in der reichen Korallenfauna der Turonstufe in Südfrankreich und in den Gosaubildungen der östlichen Alpen. Nicht weniger auffallend ist der grosse Formenreichthum und die Pracht der alttertiären Faunen in den vicentinischen Voralpen. Gegen die Mitte der Tertiärformation, zur oligocänen Zeit, bedeckt in weiter Transgression das Meer einen grossen Theil Europa's, so gross, dass diese oligocäne Transgression nur von jener der cenomanen Stufe übertroffen wird; aber auch während dieser grossen Erweiterung des Meeres zeigt sich eine überreiche Korallenfauna zu Crosara und bei Castel Gomberto, die in einzelnen Buchten der Alpen, namentlich in Krain, ja noch in der nördlichen Flyschzone am Waschberge bei Wien vertreten ist, während die gleich-

zeitigen Ablagerungen von Gaas und Lesbarritz, der Sand von Fontainebleau und von Weinheim nur eine kärgliche Vertretung dieser Gruppe und nur wenige von den reichverzierten Conchylien der vicentinischen Vorberge enthalten und gegen Nordost in den schlammigen Ablagerungen derselben Zeit der Charakter der südlichen Aequivalente mehr und mehr verloren geht.

Erst nach dieser grossen Transgression aber erscheint eine Fauna, welche eine bemerkenswerthe Anzahl heute noch im Mittelmeere lebender Arten umschliesst und welche überhaupt so nahe Beziehungen zu der heutigen Bevölkerung des Mittelmeeres zeigt, dass sie seit einiger Zeit von einer Gruppe von Geologen als die ‚erste Mediterranstufe' bezeichnet werden konnte. Diese Stufe soll den Ausgangspunkt der nachfolgenden Betrachtungen über die Geschichte des Mittelmeeres bilden.

Es sind verschiedene Grundsätze mit verschiedenem Erfolge zur Eintheilung der tertiären Ablagerungen angewendet worden. Seit Lyell und Deshayes nach der Procentzahl der überlebenden Arten die grossen Gruppen von Eocän, Miocän und Pliocän unterschieden und dadurch eine erste, wenn auch künstliche, doch höchst fruchtbringende Trennung durchführten, haben die Erfahrungen sich wesentlich erweitert. Lyell selbst anerkannte die Nothwendigkeit der Vermehrung dieser Gruppen. Das wichtigste der neu hinzugetretenen Glieder, Beyrich's Oligocängruppe, stützt sich aber nicht so sehr auf die Verhältnisszahl der lebenden Formen, als auf ein Kennzeichen vollkommen verschiedener Art, nämlich auf die transgredirende Lagerung. Auf paläontologischen Gründen beruhte dagegen der von M. Hoernes ausgegangene Vorschlag, die mittleren und einen guten Theil der jüngeren Glieder wieder unter dem gemeinsamen Namen der Neogengruppe zu vereinigen. Es wird hier die sarmatische Schichtenreihe zu erwähnen sein, welche ausserordentlich wenige, ja vielleicht mit Ausnahme gewisser Rhizopoden gar keine noch lebenden Arten enthält, und dennoch ohne allen Zweifel jünger ist als die Ablagerungen von Baden oder als der Leithakalk, welche eine hohe Procentzahl überlebender Arten umfassen. Endlich haben die Localforschungen zu einem Heere von örtlichen Bezeichnungen geführt, durch welche die Analyse der Sachlage wesentlich erleichtert, die Uebersicht

der Vorgänge jedoch erschwert worden ist, und indem von K. Mayer und Anderen einer grösseren Anzahl dieser örtlichen Glieder der Rang selbständiger Abtheilungen der Tertiärformation zugewiesen wurde, ist, fürchte ich, das Lineal, welches die Rubriken zieht, zu einem gefährlichen Werkzeuge der Synthese geworden.

Allerdings sind es die organischen Reste, welche uns eines der ersten und wichtigsten Hilfsmittel zur Aufhellung der Vorzeit liefern. Aber das Ziel der Forschung muss die Erkenntniss jener grossen physischen Veränderungen bleiben, welchen gegenüber die Veränderungen der organischen Welt nur als Erscheinungen zweiter Ordnung, als Folgewirkungen sich darstellen.

Von diesem Standpunkte ausgehend, suchen wir, um eine Uebersicht über die Vergangenheit des hier in Frage stehenden Theiles von Europa zu erlangen, vor Allem jene Phasen auf, in welchen der marine Charakter der Ablagerungen am reinsten zum Ausdrucke gelangt. Dies sind die Phasen der normalen Zusammensetzung des Seewassers, folglich der ungestörtesten Verbindung der vom Lande umschlossenen Wässer mit einem Weltmeere, und zwar, wie sich bald zeigen wird, mit dem atlantischen Ocean. Die Lage des Mittelmeeres lehrt ferner, dass, soferne Umstände herrschen, welche nur einigermassen den heutigen gleichen, die Aufhebung einer bestehenden Meeresverbindung über eine um so viel grössere Fläche ihre Wirkung äussern mag, je näher am atlantischen Ocean, d. i. je mehr in West sie erfolgt, dass daher im Osten eine häufigere Unterbrechung der normalen Meeresbildungen und eine grössere Mannigfaltigkeit der Folgen der Isolirung vermuthet werden darf als im Westen. Es zeigen daher schon diese ersten Betrachtungen, dass bei der endlosen Mannigfaltigkeit der Ereignisse von einer Gleichwerthigkeit der hier unterschiedenen Phasen in der Geschichte des Mittelmeeres eben so wenig die Rede sein kann, als von der Gleichwerthigkeit einer Serie von Ereignissen in der Historie des Menschengeschlechtes. Aber so wie auf die Schicksale eines Volkes neben örtlichen auch allgemeine Vorgänge von Einfluss sind, so ist es auch hier. Das im vorhergehenden Abschnitte besprochene Nachsinken der nördlichen Adria bleibt ein locales Ereigniss, während das Erscheinen von nordischen Conchylien im Mittelmeere die Folge eines allgemeinen

Vorganges ist, dessen Ursachen ausserhalb des Mittelmeeres liegen.

Vorläufig haben wir uns aber nur mit der Ordnung der thatsächlichen Erfahrungen zu beschäftigen, und wir unterscheiden zu diesem Zwecke seit dem Abschlusse der oligocänen Zeit mehrere Phasen des normalen Zustandes des Mittelmeeres, welche als die erste, zweite, dritte und vierte Mediterranstufe bezeichnet werden sollen, und welchen sich die Gegenwart sammt den heute andauernden untergeordneten Schwankungen der Strandlinie als eine fünfte Stufe anschliesst. Jede dieser Stufen und insbesondere die erste und dritte derselben lässt sich in weitere Glieder theilen. Am auffallendsten ist die zweite dieser Stufen durch aussermarine Bildungen, welche eine Isolirung des Ostens verrathen, sowohl von der vorhergehenden, als von der nachfolgenden Stufe getrennt. Aber in dem Verbreitungsgebiete jeder dieser Stufen kann man wahrnehmen, dass es solche Strecken umfasst, welche auch während der vorhergehenden Stufe bedeckt waren, und solche Strecken, welche neu hinzutreten, während andererseits Strecken verlassen werden, welche der vorhergehenden Stufe angehörten. Der Umriss des Mittelmeeres ist daher in jeder Phase ein anderer.

Um nun einen ersten Ueberblick dieser Stufen zu geben und die weitere Darstellung zu erleichtern, mögen folgende hervorragende und bekannte Beispiele tertiärer Vorkommnisse die beiläufige Bedeutung derselben kennzeichnen.

Die erste Mediterranstufe umfasst die Faluns von Léognan, die untere Serie der Meeresbildungen im Rhônethale mit den Schichten von St. Paul—Troix-Châteaux, die Meeresmolasse der Schweiz, die Meeresmolasse Baierns, die Gruppe der Horner Schichten an den Abhängen des Mannhartsgebirges, die Schioschichten Oberitaliens und des Apennin, den Serpentinsand von Turin, den unteren Kalkstein mit oder doch bis zu dem Horizonte des Orbitoides Mantelli auf Malta und Gozzo u. s. w.

Im östlichen und südlichen Europa folgt dieser Stufe auf grosse Erstreckungen eine mächtige Ablagerung von blauem Mergel, welche viele selbständige Merkmale bietet und häufig von Gyps- und Salzablagerungen begleitet ist: dies ist der Schlier.

Der zweiten Mediterranstufe gehören die Faluns der Touraine an, die Faluns von Salles, die Mergel von Cabrières im Rhônethale, die Ablagerungen von Baden, Vöslau, Grinzing, Steinabrunn und der Leithakalk bei Wien, in Ungarn, Siebenbürgen und der Wallachei, die Schichtengruppe von Tortona, die oberen Horizonte der Insel Malta.

Im Donauthale liegt auf diesen Ablagerungen die fremdartige sarmatische Stufe, in welche nur wenige von den mediterranen Typen aufsteigen und deren Verbreitungsbezirk ostwärts über jenes der zweiten Mediterranstufe, ja sogar bis über den Kaspi- und Aralsee hinausgreift.

Es hat Theodor Fuchs mit Recht darauf hingewiesen, dass im mittleren Italien die blauen Mergel des Vatican über der zweiten Mediterranstufe eine Stellung einnehmen, welche jener des Schlier an der unteren Grenze dieser Stufe nicht unähnlich ist.[1]

In die dritte und vierte Mediterranstufe ist die gesammte Reihe der älteren und jüngeren Pliocänablagerungen einzureihen, also die jüngeren Meeresbildungen des Rhônethales, die Ablagerungen von Asti, von Siena und dem Monte Mario, von Gerace und Messina, von Korinth und Rhodos. In die vierte Stufe fallen auch die Spuren des Einflusses einer gesteigerten Kälte.

Als die fünfte Mediterranstufe reiht sich das heutige Mittelmeer an, mit Inbegriff der neuesten Randbildungen, die an der Westküste Italien's, im westlichen Nordafrika, in Cypern und an anderen Stellen bekannt sind.

Diese fünf Stufen entsprechen im Grossen etwa dem Mittelmiocän, dem Obermiocän, den pliocänen und quaternären, dann den jüngsten Bildungen nach der heute üblichen Ausdrucksweise jener französischen und italienischen Geologen, welche den südfranzösischen Asterienkalk, die Ablagerungen von Gaas, Dego, Castel Gomberto u. A. noch als Untermiocän bezeichnen.

Beziehungen zu Amerika. Es ist durch eine Reihe neuerer Beobachtungen sichergestellt worden, dass die Meeresablagerungen der südamerikanischen Westküste und jene der Antillen eine ganz besondere Aehnlichkeit mit europäischen Vorkommnissen besitzen. Diese Aehnlichkeit tritt von den ältesten Bildungen an hervor und reicht, wie Philippi bemerkt, in Chile bis in die Tertiärzeit herauf,

während welcher dort, an der pacifischen Küste, eine Conchylienfauna lebte, deren Gepräge jenem der mediterranen Fauna verwandt ist.[2] Erst in den jüngsten Zeiten ändert sich dieses Verhältniss und es folgt die heutige westatlantische, der europäischen fremde Meeresbevölkerung.

Unter solchen Umständen müsste jede Darstellung der Vergangenheit des Mittelmeeres unvollständig sein, welche nicht die jenseits des atlantischen Oceans bisher gesammelten Erfahrungen über diesen Gegenstand berücksichtigen wollte.

Die Antillen bilden, wie später gezeigt werden soll, ein bogenförmig streichendes Kettengebirge, welches über Cuba, Haiti, Puerto-Rico und dann südwärts gegen Trinidad zieht. Jamaica und der südwestliche Theil von Haiti gehören einer innen anschaarenden Kette an. Der caraibische Golf ist an der Innenseite dieser Ketten eingesunken, während das Vorland, soweit es nicht von den Wässern des mexicanischen Golfes bedeckt ist, von Matamoras, wahrscheinlich aber schon von Veracruz angefangen, weit um den Nordrand des Golfes herum bis nach Arkansas und Alabama, mit Inbegriff der Halbinsel Florida, und weit an der carolinischen Küste hinauf nur aus ganz flach gelagertem Lande besteht. Nichtsdestoweniger sinkt der mexicanische Golf bis unter 2000 Faden hinab und im caraibischen Meere wird diese grosse Tiefe schon nahe an der Ostküste von Yucatan und der Südküste von Cuba erreicht.

In Jamaica liegt auf einer Serie, welche sich den tieferen Abtheilungen unseres Flysch vergleichen lässt, lichter, versteinerungsreicher Kalkstein, und seine Fauna entspricht, wie Duncan, Barrett und Woodward nachgewiesen haben, in überraschender Weise den Gosauablagerungen der nordöstlichen Alpen. Neben Actaeonella laevis, Nerinaea und zahlreichen Hippuriten erscheint hier eine Anzahl der bezeichnendsten Korallen der Gosaubildungen, wie Diploria crassilamellosa, Heliastraea exsculpta und Cyathoseris Haidingeri.[3]

Das Vorkommen dieser cretacischen Korallen auf der anderen Seite des atlantischen Oceans gestattet die Vermuthung, dass zu jener Zeit quer über den Ocean irgend eine Verbindung, sei es in Gestalt einer zusammenhängenden Küstenlinie oder doch einer

Reihe von Inseln, bestanden habe, und diese Vermuthung wird bestärkt durch den Umstand, dass sich dieselbe Erscheinung noch in der Tertiärzeit wiederholt. Sie ist so auffallend, dass sie bereits zu wiederholten Malen die Aufmerksamkeit der Beobachter gefesselt und dass Duncan, Jones, Etheridge, Guppy, Cotteau u. A. eine Anzahl vortrefflicher Arbeiten über diesen Gegenstand geliefert haben.[4]

Aus diesen Arbeiten vermag ich nun allerdings das Vorkommen der wahren eocänen Korallenfauna auf den westindischen Inseln dermalen noch nicht als erwiesen anzusehen. Die eocänen Riffbildungen Europa's, als welche ich die durch d'Achiardi bekannt gewordenen Korallenbildungen des Friaul ansehe,[5] scheinen bis heute jenseits des Oceans noch nicht aufgefunden zu sein.

Dagegen entsprechen die Korallenbildungen auf St. Bartholomäus und ihre Zeitäquivalente auf Jamaica, Cuba und anderen Inseln nach Duncan's Untersuchungen den Korallenbänken von Castel Gomberto und Crosara. Sie bilden auch die ,Fernando Beds' auf Trinidad. Die in diesen Horizonten jenseits des atlantischen Oceans vorkommenden europäischen Arten, wie Trochosmilia subcurvata, Trochosmilia arguta, Stephanocoenia elegans, Astrocoenia multigranosa, Ulophylla macrogyra, Porites ramosa, sind es auch, welche die Riffe von Castel Gomberto aufbauen und zieren.

Die nächstjüngere, vielleicht mit der vorhergehenden noch zu vereinigende Abtheilung der westindischen Tertiärablagerungen ist der Kieselkalk der Insel Antigua. Duncan und Jones haben denselben bereits im Jahre 1864 dem unteren Kalkstein der Insel Malta gleichgestellt. Das Auftreten der Stylocoenia lobato-rotundata möchte allerdings nicht als sehr massgebend gelten, da diese Art in Europa eine grosse verticale Verbreitung besitzt; von grösserer Bedeutung ist das Erscheinen der Astrocoenia ornata der Turiner Ablagerungen und das massenhafte Auftreten des Orbitoides Mantelli, welcher in Europa in gleicher Häufigkeit in den tiefsten Ablagerungen der Insel Malta liegt.

In Europa besteht aber sicher nur ein geringer Unterschied des Alters zwischen der Korallenfauna von Castel Gomberto und dem unteren Kalkstein von Malta. Nach Th. Fuchs liegt dieser Kalkstein unter dem Horizonte von Schio und nähert sich seine

Fauna jener von Castel Gomberto und Schio.[6] Eine wesentliche Lücke ist daher wohl auch zwischen dem korallenführenden Lager von St. Bartholomäus und dem Kieselkalke von Antigua nicht vorauszusetzen.[7]

Die in Westindien folgenden Lagen von weissem Kalkstein stimmen zunächst mit dem oberen Kalkstein von Malta, also mit den Leithakalk-Bildungen der zweiten Mediterranstufe überein. Cidaris Melitensis erscheint auf mehreren der westindischen Inseln in Gesellschaft von Arten, welche sehr nahe Verwandte im oberen Kalke von Malta besitzen, wie Schizaster Loveni und Brissopsis Antillarum.

Wir halten nun fest, dass in den westindischen Inseln die Korallenfauna von Castel Gomberto und der orbitoidenreiche Kalkstein von Malta vertreten sind, und dass über diesen noch jüngere marine Kalkbänke lagern, und mit diesen Erfahrungen wenden wir uns gegen Nord.

Eugen Smith hat in Bestätigung älterer Angaben gezeigt, dass die Halbinsel Florida weder gar so niedrig, noch so jungen Alters ist, als man zu vermuthen pflegt. Ein Rücken, welcher sich streckenweise über 200 Fuss hoch erhebt, zieht von Norden her in die grosse Halbinsel herein und der grösste Theil derselben besteht, südlich bis fast an die Everglades heran und an mehreren Stellen westlich bis an das Meer, aus dem Vicksburg-Limestone mit Orbitoides Mantelli, welcher nichts Anderes ist als die Fortsetzung des westindischen Orbitoiden-Kalksteins, also eines Zeitäquivalentes des unteren Kalksteins von Malta.[8]

Man kann wohl mit nicht geringer Sicherheit die höheren Theile der Bahama's und der ganzen äusseren Zone der Antillen als heute vereinzelte Schollen dieser grossen tertiären, floridanischen Platte ansehen.

Das von Hilgard veröffentlichte Kärtchen des mexicanischen Golfes lässt nun die weitere nördliche und westliche Fortsetzung dieser floridanischen Tertiärablagerungen erkennen.[9]

Im Osten wie im Westen des Mississippi tauchen paläozoische und noch ältere Gesteine hervor. Im Osten ist es das südliche Ende der Appalachien, das wir erblicken; die mittlere und obere Kreideformation schmiegen sich, wie an so vielen Orten, auch hier

transgredirend an den südlichen und westlichen Umriss derselben; die westliche texanische Gruppe ist rings von der Kreideformation umgeben. In eben so flacher Lagerung wie die Kreideformation folgen dann die ersten Glieder der Tertiärformation, und zwar sind auf Fig. 37 alle älteren Glieder derselben bis und mit Ein-

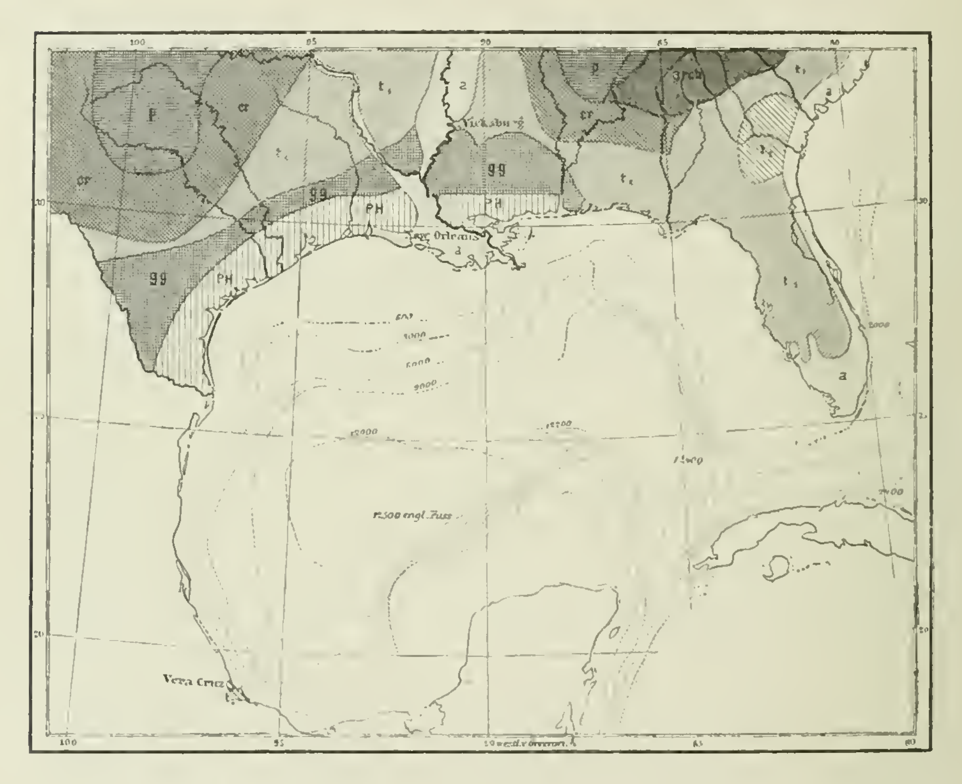


Fig. 37. Die Tertiärablagerungen an dem Nordrande des Golfes von Mexico (nach Hilgard).

arch Archaisches Gebirge. *p* Paläozoisches Gebirge. *cr* Kreideformation. t_1 Tiefere Glieder der Tertiärformation mit Inbegriff des Lagers von Orbitoides Mantelli. t_2 Mittlere und jüngere Tertiärformation der atlantischen Küste. *gg* Grand-Gulf-Series. *PH* Port-Hudson-Series. *a* Jüngste Bildungen.

schluss des Vicksburg-Limestone, d. i. des Orbitoiden-Kalksteins, zusammengefasst (t_1). Sie umfassen z. B. in Alabama nach Heilprin eine tiefste lignitführende Gruppe, den kieseligen ‚Buhrstone' mit Ostrea sellaeformis, den Sandstein von Claiborne, welcher dem Pariser Grobkalke nach seinen Conchylien gleichgestellt wird, den weissen Kalkstein (Jacksonian), welcher das Lager der grossen Zeuglodontenreste bildet, und den, wie es scheint, mit dem vorhergehenden ziemlich enge verbundenen Orbitoiden-Kalkstein.[10] Sie erstrecken sich vom Rio Grande durch Texas und Louisiana im

Mississippithale aufwärts und sind in der Tiefe desselben bis Vicksburg sichtbar; von da an umgeben sie in ähnlicher Weise die östliche Kreidezone und setzen sich gegen Süd nach Florida, zugleich gegen Nord durch Georgia in der Richtung der atlantischen Küste fort.

Etwa von Pensacola, nahe der westlichen Grenze des Staates Florida, angefangen erreichen diese tertiären Ablagerungen das Ufer des mexicanischen Golfes und ihre Westgrenze auf dem Festlande entspricht beiläufig dem Verlaufe jenes bedeutenden Steilabfalles, welcher westlich von Florida die 100-Fadenlinie auszeichnet. Nun tritt die bemerkenswerthe Erscheinung ein, dass an die floridanische Platte ostwärts, d. i. gegen den atlantischen Ocean, eine weitere Reihe jüngerer Meeresbildungen sich anschliesst, während dies gegen Westen nicht der Fall ist. Dort folgt im Gegentheile von Pensacola westwärts und quer über das Thal des Mississippi bis an den Rio Grande eine Zone von dunklerem, steifem Thon mit schwachen Zwischenlagen von dunklem Kalkstein, gyps- und lignitführend, ohne andere organische Reste als Spuren von Blättern und einer Schildkröte. Dieses ist Hilgard's Grand-Gulf-Series (*gg*, Fig. 37), aus welcher derselbe eine zeitweise Abschliessung des Golfes gegen den Ocean entnimmt. Ueber der Grand-Gulf-Series folgt zuerst der hochgelbe Driftsand oder Orangesand und über diesem die marinen Schichten der Port-Hudson-Group, welche von sehr geringem Alter sind. Sie bestehen aus einem über 200 Meter mächtigen Wechsel von Schlamm- und Lagunenbildungen mit sandigen Schichten, welche die heutige Meeresfauna enthalten.

Es hat daher während der Zeit der Grand-Gulf-Series die floridanische Platte wahrscheinlich noch vollständiger als heute den Golf vom Ocean abgeschlossen. Dass sie ihre Fortsetzung in den südlichen Inseln findet, ist bereits angeführt worden, und es gibt einige Spuren, welche das geringe Alter dieser Abtrennungen anzeigen. Hieher mag man das Vorkommen der Reste einer grossen und erst in später Zeit erloschenen Säugethierfauna in den Höhlen des Kalksteins der kleinen Insel Anguilla zählen, und ein genaueres Studium der heutigen Fauna und Flora gibt noch weitere Aufschlüsse über die Zerstückelung der tertiären Platte.

So hat Bland gefunden, dass die Landconchylien von Cuba bis zu den virginischen Inseln und Anguilla auf einen Zusammenhang mit Mexico und Centralamerika, dagegen von Antigua und St. Christoph bis Trinidad auf südamerikanische Herkunft weisen.[11] Die Fauna der tieferen Theile des mexicanischen Golfes wie des caraibischen Meeres steht nach den letzten von Al. Agassiz ausgeführten Untersuchungen der pacifischen Tiefseefauna näher als der atlantischen.[12]

Von Florida zieht nun nordwärts durch Georgien, beide Carolinen, Virginia, Maryland und New-Jersey ein breiter Saum ganz flach gelagerter und nur wenig über das heutige Niveau des Meeres aufragender Tertiärablagerungen an dem atlantischen Saume des Festlandes hin. Er erreicht beiläufig im 40. Breitegrade sein Ende und die nördlich von New-York liegenden atlantischen Küsten sind nicht mit tertiären Meeresablagerungen bekleidet.

So wie in Europa die riffbauenden Korallen nur in den südlicheren Tertiärablagerungen häufiger vorkommen, ist dies auch in Amerika der Fall, und diese nördlich von Florida auftretenden Schichten sind wie die flach gelagerten nördlichen Tertiärschichten Europa's fast nur durch Conchylien ausgezeichnet. Nach den verdienstlichen neueren Untersuchungen von Heilprin wären hier drei Horizonte zu unterscheiden, welche jünger sind als der Orbitoidenkalk von Vicksburg. Die erste, die Stufe von Maryland oder das untere atlantische Miocän, wird wenigstens einem Theile der ersten Mediterranstufe und den Faluns von Léognan gleichgestellt; die Ablagerungen von Virginien und ein jüngerer Horizont von Maryland bilden Heilprin's virginische Stufe oder das mittlere atlantische Miocän, welches als das muthmassliche Zeitäquivalent der zweiten Mediterranstufe angesehen wird. Die jüngsten Schichten endlich sind jene von Nord- und Südcarolina, die carolinische Stufe oder das obere westatlantische Miocän.[13]

Hienach scheint an diesem Küstensaume die Anordnung im Allgemeinen eine solche zu sein, dass die älteren Stufen mehr gegen Nord, die jüngeren aber gegen Süd, nämlich gegen die Carolinen, vorherrschen. Ihre Fauna ist eine ziemlich selbständige; in den jüngeren Schichten mehrt sich die Uebereinstimmung mit

der heutigen westatlantischen Fauna; in jenen von Patuxent River, Maryland, meinte Rolle schon im Jahre 1859 gewisse Aehnlichkeiten mit Conchylien von Loibersdorf, d. i. der ersten Mediterranstufe Europa's, zu erkennen.[14]

Der atlantische Ocean. In der Nähe des 40. Breitegrades nähert sich der Saum amerikanischer Tertiärablagerungen der atlantischen Küste. Nördlich davon sieht man weder in den Vereinigten Staaten, noch in Canada, noch weiter hinauf in den arktischen Gegenden Nordamerika's irgendwo die Spuren eines tertiären Meeres. Was etwa an jüngeren Bildungen dafür gehalten werden könnte, gehört der Champlainperiode, einer weit jüngeren Zeit, an. Vergeblich sucht man aber auch an der Westküste Norwegens, in Schottland oder Irland nach Meeresbildungen der Tertiärzeit; sie erscheinen erst in der südlichen Hälfte der Nordsee.

Nun könnte man einwenden, dass diese Ablagerungen durch Eis zerstört seien, aber gerade für die nördlicheren Theile des atlantischen Gebietes sind in eigenthümlicher Weise positive Spuren trockenen Landes während der mittleren Tertiärzeit erhalten. Diese Spuren bestehen in den Ueberresten einer Flora, welche in braunkohleführenden Schichten, von basaltischen Laven überdeckt, eben durch diese Decken der späteren Zerstörung entgangen sind.

Solche pflanzenführende, von Basalt überdeckte Lagen finden sich in der Grafschaft Antrim im nördlichen Irland; sie wiederholen sich in dem vulcanischen Gebiete der Hebriden und setzen von dort weiter gegen Norden. Die Faröer bestehen aus zwei grossen, flach liegenden Decken von Basalt und Tuff, welche durch eine solche kohlen- und landpflanzenführende Lage getrennt sind. Aehnliche Bildungen erscheinen auf Island wieder, wo sie als ‚Surturbrand' bekannt sind, und an der Ostküste Grönlands hat Payer in dem basaltischen Zuge, welcher vom Kaiser Franz Josephs-Fjord bis zur Shannon-Insel reicht, an mehreren Punkten, wie insbesondere im südlichen Theile der Sabine-Insel, eingeschaltete Lagen mit Braunkohle gefunden.[15] Es wiederholen sich dieselben an der grönländischen Westküste, wo sie auf der Insel Disko den Stoff zu einigen der lehrreichsten Untersuchungen Osw. Heer's geliefert haben, ja noch in 81° 45′ nördl. Br. im Discovery-Harbour,

Robeson-Canal, traf Feilden tertiäre Pflanzen an und brachte aus den dortigen Lignitlagen männliche Blüthen des Taxodium distichum, wie sie auch in ähnlichen Lagen auf Cap Staratschin auf Spitzbergen gefunden worden sind, also die Blüthen einer Pflanze, welche heute in Mexico und dem Süden der Vereinigten Staaten fortlebt.[16]



Fig. 38. Suderöe, die südlichste der Faröer-Inseln. Nach J. Geikie.[17]

Die grosse Ausbreitung dieser Vorkommnisse von Irland und den Hebriden zu den Faröern und quer über den atlantischen Ocean nach Island und an die grönländische Ostküste und darüber hinaus ist denn auch bereits zu wiederholten Malen als das Zeugniss für den Bestand eines grossen und mit einer reichen Pflanzendecke bekleideten Festlandes an der Stelle des heutigen nordatlantischen Meeres aufgefasst worden. Die Feststellung der genaueren Chronologie dieser Floren ist sehr schwierig; der Bestand dieses Festlandes oder doch dieser Reihe ausgedehnterer Landmassen fällt höchst wahrscheinlich mit jenem eines guten Theiles unserer Mediterranstufen zusammen. Die ausserordentlichen Ergüsse von Laven sind zugleich ein mittelbarer Beweis für die Bedeutung der tektonischen Bewegungen, welche diese Gegenden um dieselbe Zeit betroffen haben.

Erst im hohen Norden erscheinen tertiäre Meeresschichten wieder. Toula führt nach Jul. Payer's Aufsammlungen von mehreren Punkten der grönländischen Ostküste zwischen 74° 30′ und 75° 30′ mitteltertiären, quarzreichen Sandstein an, welcher auf Hochstetter-Vorland Reste mariner Bivalven enthält.[18] Die seither von

Nathorst vom Eisfjord in Spitzbergen mitgebrachten Stücke lehren aber, dass diese Quarzitlager mit marinen Conchylien sich bis dahin fortsetzen. Sie werden nach Nathorst von den pflanzenführenden Schichten sowohl überlagert als unterlagert. Trotz der ausserordentlich kümmerlichen Erhaltung der Fossilien konnte Th. Fuchs unter denselben Gattungen wie: Siliquaria, Pharella, Psammosolen und Callista unterscheiden, welche heute den arktischen Meeren ganz fremd sind und in allerdings entfernter Weise etwa auf das Alter unserer tieferen Mediterranstufen hinweisen. Sicher ist, dass dort Meeresthiere erscheinen, welche viel südlicheren Regionen der Gegenwart entsprechen. Weitere Aufschlüsse müssen wir von neuen Entdeckungen erwarten.[19]

So unvollständig sind bis heute die Kenntnisse von der Abgrenzung dieses Festlandes oder dieser Reihe grosser Inseln gegen Nord. Noch unvollständiger ist die Abgrenzung gegen Süd. Auf den Azoren trifft man einen Anhaltspunkt. Auch hier gibt es vulcanische Gesteine von tertiärem Alter; mit und unter diesen Laven und Aschen erscheinen marine Ablagerungen. Sie finden sich auf S. Maria, der südlichsten der Azoren, in 37° nördl. Br., dann auf Madeira und auf Porto-Santo, und sie gehören nach K. Mayer's Untersuchungen, mit Ausnahme eines kleinen, jüngeren Vorkommens auf Madeira, sämmtlich der helvetischen Abtheilung, also der ersten Mediterranstufe an. In Madeira liegen sie bis 1350 Fuss über dem heutigen Meeresspiegel.[20] —

Die Ostküste des nordatlantischen Oceans ist recht verschieden von der Westküste.

Schon bei der Besprechung des nördlichen Vorlandes der Alpen wurden innerhalb dieses Vorlandes drei Elemente unterschieden, nämlich die russische Tafel, die Sudeten und die Region der westeuropäischen Gebirgskerne. Zu diesen Gebirgskernen wurden die böhmische Masse, Schwarzwald, Vogesen, das französische Centralplateau und die iberische Meseta gezählt. Ihre Umrisse sind vielgestaltig und unregelmässig; das ältere Gebirge in ihnen ist gefaltet; oft breitet sich über sie die Transgression der mittleren und oberen Kreide aus; einzelne derselben haben wir bereits als Horste kennen gelernt, an und zwischen welchen Trias und Jura abgesunken sind.

Die Sudeten erreichen räumlich bei Weitem nicht so grosse Bedeutung wie die beiden anderen Gebiete, und es lehrt die geologische Karte von Europa, dass in der That nördlich von den Alpen unser Welttheil, abgesehen von den Sudeten, in zwei grosse Regionen zertheilt werden kann. Die östliche dieser Regionen ist die russische Tafel; sie reicht durch die baltischen Inseln in das südliche Schweden und findet dort ihr Ende. Was westlich liegt, ist eine Gruppe von grossen inselförmigen Massen von gefaltetem älteren Gebirge, zwischen welchen die Niederungen eingesunken sind. Dies ist die Region der westeuropäischen Gebirgskerne; Norwegen, Schottland, dann Cornwall, Irland, die Bretagne und selbst die Ardennen gleichen, bei allen Verschiedenheiten im Einzelnen, doch nach ihrer inselförmigen Vertheilung durchwegs den eben genannten Gebirgskernen des alpinen Vorlandes.

Die zackigen Umrisse des nordöstlichen Schottland, welche durch das Herantreten einzelner grosser geradliniger Brüche an die Meeresküste veranlasst werden, sind bereits an früherer Stelle (S. 260) mit dem Umrisse des bairischen Waldes verglichen worden. Judd hat gezeigt, dass an solchen Brüchen da und dort tief abgesunkene Schollen von mesozoischen Ablagerungen vor der sonst allgemeinen Zerstörung bewahrt geblieben sind. Es ist, meint derselbe Beobachter, unmöglich, der Folgerung auszuweichen, dass der ganze Norden und Nordwesten des britischen Archipels, welcher heute durch Denudation in ein rauhes Gebirgsland umgestaltet ist, dereinst, so wie die südlichen und südöstlichen Theile, wenn nicht ganz, so doch zum grossen Theile von sedimentären Ablagerungen bedeckt war, welche vom Carbon bis einschliesslich zur Kreide reichten.[41] Wir haben daher auch Schottland als einen entblössten Horst anzusehen.

Noch viel weiter im Norden, auf Andö, der nördlichsten der Lofoten, befindet sich ganz vereinzelt, doch in allen wesentlichen Zügen den abgesunkenen Schollen Schottlands gleichend, ein kleiner Rest von braunem Jura.[42]

Mit einziger Ausnahme des nördlichen Spanien, wo der Aussenrand eines Kettengebirges die Küste bildet, tritt Europa an seiner ganzen Westküste nur mit solchen Gebirgskernen, welche wahrscheinlich durchwegs Horste sind, an den atlantischen Ocean.

Dies ist die Ursache des so ausserordentlich mannigfaltigen Umrisses der Küste und darum ist auch nicht wie in dem südlichen Theile der Vereinigten Staaten eine zusammenhängende zonenförmige Anlagerung der tertiären Bildungen, sondern ein buchtenförmiges Eingreifen derselben in das Festland sichtbar.

Noch an den Hebriden und im nördlichen Irland haben wir die Erhaltung tertiärer Landfloren unter den basaltischen Decken kennen gelernt. Diese Küsten entbehren so wie die ganze Westküste Irlands jeder Bekleidung durch tertiäre Meeresbildungen. Dasselbe gilt von Cornwall. Als ein Vorläufer erscheint im Cotentin, auf dem Rücken der alten Gebirge der Normandie, welche eine Fortsetzung der Gebirge von Cornwall sind, zum ersten Male eine Gruppe kleinerer Schollen von tertiären Meeresablagerungen. Ihre Fortsetzung ist nach allen Seiten abgespült. Man kennt hier transgredirende Kreideformation, Meeresbildungen vom Alter des Pariser Grobkalkes, sehr fragliche Aequivalente der ersten oder zweiten Mediterranstufe, endlich solche des englischen Crag, welche in die Zeit der dritten Stufe fallen. Diese bemerkenswerthe Stelle lehrt zugleich, wie weit sich in gewissen Fällen die Meere der Vorzeit über jene mehr oder minder umschlossenen Becken hinaus erstreckt haben mögen, welche sie heute mit zusammenhängenden Decken ausfüllen.

Das erste grössere buchtenförmige Eingreifen solcher Ablagerungen zeigt sich an der unteren Loire. Auch hier liegen sie, wie am unteren Mississippi, auf transgredirender Kreideformation; sie befinden sich noch ganz auf dem Rücken des Gebirgskernes der Bretagne.

Die zweite Bucht ist jene der Gironde. Diese ist auf der einen Seite durch die Ränder der Gebirgskerne der Bretagne und des Centralplateau's, auf der anderen durch den Aussenrand der Pyrenäen begrenzt und besitzt daher eine ähnliche Lage, wie das Tertiärland zwischen der böhmischen Masse und den Alpen.

Die dritte Bucht befindet sich am unteren Tajo. Ihre Tertiärablagerungen setzen sich in vereinzelten Vorkommnissen gegen Süden fort, ziehen sich sogar um Cap S. Vincent und scheinen jenseits des Guadiana sich mit der nächstfolgenden Bucht in Verbindung zu setzen, so dass hier allerdings, wenigstens für einen

Bruchtheil der atlantischen Küste, von einer Umgürtung derselben gesprochen werden könnte. Hier dürfte aber auch die Küste wenigstens in ihren allgemeinen Umrissen beiläufig dem Umrisse der iberischen Meseta entsprechen. Die Tertiärablagerungen marinen Ursprunges liegen im Süden auf der mesozoischen Umrandung der Meseta.

Die vierte Bucht ist jene des Guadalquivir. Ihre Lage entspricht jener der Gironde; sie wird auf der einen Seite von dem Rande der Meseta, auf der anderen von dem äusseren Saume der bätischen Cordillere umgrenzt.

Die Strasse von Gibraltar liegt, wie wir bereits gesehen haben, in dem Querbruche eines Kettengebirges.

Endlich greifen tertiäre Meeresbildungen vom atlantischen Ocean her in das Gebiet von Marokko ein.

Die oben aufgezählten Theile der europäischen Westküste haben eine sehr verschiedene tektonische Bedeutung. Die Schollen im Cotentin, die Ablagerungen an der unteren Loire, wie jene am Tajo und längs der portugiesischen Küste um Cap S. Vincent herum betrachten wir als Theile der alten atlantischen Küste oder des atlantischen Meeresgrundes. Die Niederungen an der Gironde und am Guadalquivir dagegen entsprechen dem Verlaufe zweier grossen Gebirgsketten und verhüllen die Grenze zwischen diesen und ihrem Vorlande. Wie gross auch die Bedeutung der Strasse von Gibraltar für den heutigen physischen Zustand unseres Welttheiles sein mag, ist sie doch in der allgemeinen Structur desselben nicht bedingt, sondern von diesem Standpunkte aus nur ein Zwischenfall von recht untergeordnetem Range.

Die weitgehende Uebereinstimmung der atlantischen Küstenbildungen und der mittelländischen Ablagerungen zwingt uns schon von vorne, für die ältere Zeit eine freie Verbindung beider Meere anzunehmen, und es ist selbstverständlich, dass wir dieselbe zunächst auf den tektonisch bedeutsamsten Linien, jener der Gironde und des Guadalquivir, suchen.

Die weitere Aufgabe wird aber wesentlich erleichtert, wenn wir hier schon einen flüchtigen Blick auf die jüngeren Tertiärbildungen des nordwestlichen Europa werfen. Diese abgetrennte Behandlung mag umsomehr gerechtfertigt sein, als der mediterrane

Typus dort doch nur unter wesentlichen Abänderungen Ausdruck findet.

Es zeigen sich nämlich rings um den südlichen Theil der Nordsee die Spuren flach gelagerter Schichten, welche ihrem Alter nach die Zeit der ersten und wohl auch der zweiten Mediterranstufe mit umfassen. Die Umrisse ihrer heutigen Verbreitungsgebiete sind jedoch nur durch das Maass der Abspülung bedingt, welche diese Niederungen seither erfahren haben. Sie bilden, wie aus Dumont's und Beyrich's Untersuchungen hervorgeht, einen weiten, nach Nordost offenen Bogen, welcher etwa von der Insel Sylt bis gegen Antwerpen zieht und den Unterlauf und die Mündungen der Elbe, der Weser, der Ems und des Rhein's umfasst und in dessen Rand auch noch die Mündung der Schelde fällt.[23] Von diesem grossen Bogen ist allerdings nur der östliche und der westliche Theil in einiger Vollständigkeit sichtbar, während der südliche Theil, welchem die Meeresablagerungen von Osnabrück und Bünde zuzuzählen sind, gar lückenhaft erhalten ist; aber die Lage dieser Abwaschungsreste ist eine solche, dass sie sich deutlich als eine Reihe von einander folgenden Schalenrändern zu erkennen geben. Dabei liegen die Mündungen der grossen Zuflüsse der Nordsee in der Tiefe dieser Schale, welche folglich heute noch mit der Tiefe des Landes zusammenfällt.

Dieser grosse Bogen findet aber in England keine Fortsetzung. Man kennt aus ganz Grossbritannien bis heute keine marinen Ablagerungen aus der Zeit der ersten und zweiten Mediterranstufe. Ebensowenig kennt man solche mit Sicherheit im Cotentin, und die schönen Untersuchungen, welche Vasseur im Loirethale durchgeführt hat, lassen wenig Zweifel darüber, dass sie auch dort nicht oder doch nur in ihren allerhöchsten Theilen und in gar unvollständiger Weise vertreten sind.[24]

Noch bei Bovey Tracey in Devonshire, auf dem Rücken des alten Gebirges, welches in der Bretagne seine Fortsetzung findet, liegen pflanzenführende Schichten, welche Osw. Heer zunächst jenen bereits erwähnten Vorkommnissen von Antrim in Irland vergleicht, und wenn auch Heer den Binnensee von Bovey Tracey in die aquitanische Stufe und den Ablagerungen von Salzhausen in der Wetterau gleichstellt, deren Alter nur den tiefsten Horizonten

der ersten Mediterranstufe zu vergleichen wäre oder ein noch etwas höheres ist, mag man doch recht wohl mit Ramsay in diesem Vorkommen einen neuen Beweis für den Ausschluss des Meeres während der Miocänzeit und für die grosse Ausdehnung des nordatlantischen Continentes oder der Reihe grosser nordatlantischer Inseln erblicken.[25]

Ganz verschieden ist das Verhalten der späteren Ablagerungen. Als die Zeitäquivalente der dritten Stufe werden hier die verschiedenen Unterabtheilungen des belgischen und des englischen Crag angesehen. Sie erscheinen westlich in der Tiefe der grossen, die Nordsee südwärts umgürtenden Schale, treten von Antwerpen nach Norfolk und Suffolk hinüber, liegen in den flachen Niederungen des östlichen England transgredirend, insbesondere auf dem alttertiären Londonthon und erscheinen ebenso als Thon mit Nassa prismatica übergreifend im Cotentin und in der Loirebucht.[26]

Zwei Umstände mögen hier betont sein.

Zuerst ist zu bemerken, dass der englische Crag eine wesentliche Beimengung von nordischen Formen enthält. Die Zahl derselben nimmt in den höheren Gliedern zu, aber Prestwich traf schon an der Basis der tiefsten Abtheilung, des Coralline-Crag, einen grossen Porphyrblock an, welcher als ein Beweis dafür angenommen wurde, dass Transport durch Eis in diesen Breiten bereits bei Beginn der Crag-Ablagerungen stattgefunden habe. Wenn also für das Mittelmeer etwa der Eintritt der kalten Formen als bezeichnend für den Beginn der vierten Stufe angesehen werden wollte, müsste man entweder ein früheres Auftreten dieses Merkmales im Norden zugestehen oder den gesammten Crag erst in die vierte Stufe reihen.

Ferner zeigen die Crag-Ablagerungen sowohl Englands als Belgiens trotz ihrer ganz flachen Lagerung und ihrer geringen Höhe über dem heutigen Meeresspiegel ganz deutliche Spuren wiederholter Schwankungen der Strandlinie. Durch diese Oscillationen mussten bei der ganz flachen Lagerung weite Strecken trocken gelegt werden. In Suffolk ist der rothe Crag in Erosionsfurchen des älteren Gliedes, des weissen oder Coralline-Crag eingelagert und umgibt wohl auch inselförmig stehen gebliebene Blöcke des weissen Crag.

Während die eocänen Bildungen einen hervorragenden Antheil an der Zusammensetzung des südöstlichen England nehmen, eocäne Bildungen auch nicht nur in Belgien, sondern auch im Cotentin erscheinen und die Inseln an der Loiremündung aus eocänem Grobkalk bestehen, während zur oligocänen Zeit eine noch grössere Transgression des Meeres stattfand, welches in langer Bucht vom atlantischen Ocean bis Rennes vordrang und in der Gestalt der Sande von Fontainebleau seine Ablagerungen weit über den Rahmen des Pariser Beckens ausbreitete, bemerkt man bis zur Loire herab ein Zurückweichen der Wässer während der ersten Mediterranstufe. Später greift das Meer wieder über viele bisher trocken gelegene Landstriche, begleitet von immer deutlicheren Spuren einer kalten Zeit.

Guadalquivir. Die Höhen der grossen Gebirgskerne des westlichen und mittleren Europa tragen ausgedehnte Schollen von Süsswasserbildungen, welche beweisen, dass diese Höhen von den verschiedenen Ausbreitungen des Mittelmeeres, welche ich hier zu besprechen habe, nicht erreicht worden sind. Auf der Höhe der spanischen Meseta breiten sich in horizontaler Lagerung Bänke von mitteltertiärem Süsswasserkalk und Mergel, zuweilen von Gyps begleitet, aus, welche heute noch einen sehr beträchtlichen Theil der Oberfläche der ganzen Halbinsel bedecken. In ähnlicher Weise erscheinen auf dem französischen Centralplateau, insbesondere an den oberen Zuflüssen der Loire, in Begleitung einer mannigfaltigen Reihe vulcanischer Bildungen tertiäre Schichten von verschiedenem Alter, welche sämmtlich in süssem Wasser gebildet sind. Ebenso sieht man auf der böhmischen Masse, am Fusse des Erzgebirges, ebenfalls in Begleitung vulcanischer Gesteine eine Serie von kohlenführenden Tertiärablagerungen, welche ausschliesslich in süssem Wasser abgelagert sind, und die Säugthierreste, welche sie umschliessen, lassen keinen Zweifel darüber, dass sie der Zeit nach jedenfalls die erste und die zweite Mediterranstufe mit umfassen. Ebenso erscheinen lignitführende Tertiärschichten im südlichen Böhmen, deren Alter jedoch allerdings ein geringeres ist.

So scheiden sich grosse Gebiete sofort als Theile alten Festlandes aus. An den Rändern dieser Gebiete und südlich von den-

selben treten die Meeresbildungen auf, welche wir zu verfolgen haben, nur gar selten als wahre Strandbildungen, bald flach angelehnt an steile Gebirgsränder, bald als durch Abspülung vereinzelte Schollen, bald wieder als der Untergrund weiter Ebenen, häufig aber auch aufgestaut an den Aussenzonen der Gebirgsketten, die gebrochenen Köpfe der aufgerichteten Schichten nach aufwärts gerichtet, als Zeugen des merkwürdigen Umstandes, dass ein guter Theil der grossen Kettengebirge unserer Tage so jung ist, dass er einstens noch unter diesen Ausbreitungen des Mittelmeeres geruht hat.

Nun treten wir in die Menge von Einzelbeobachtungen ein, um die Hauptzüge der jeweiligen Ausbreitung des Mittelmeeres aufzusuchen.

Im südwestlichen Spanien greift ein breites Gebiet von Meeresablagerungen, welche der ersten, zweiten und dritten Mediterranstufe entsprechen, vom atlantischen Ocean her ins Land herein, und wo die jüngste dieser Zonen aus den Ocean hervortritt, liegt in der Nähe der Stadt Huelva an ewig denkwürdiger Stelle das ehemalige Franziskanerkloster Nuestra Señora de la Rabida, wo am 3. August 1492 Christof Columbus zur Aufsuchung einer neuen Welt sich einschiffte. Dort wollen wir beginnen.

Die Anordnung der mesozoischen Schichten im südlichen Portugal lässt, so wurde bereits gesagt, vermuthen, dass der heutige Umriss des Festlandes dem Umrisse der Meseta entspreche. Es zeigt Ribeiro's Karte durch ganz Algarve eine von West gegen Ost, zur Mündung des Guadiana ziehende Reihe mesozoischer Gürtel. Noch bei Ayamonte liegt eine Triasscholle und hier zieht sich der Rand der Meseta gegen Ost landeinwärts, während südwärts über Huelva, Xeres, Cadiz und bis Vejer de la Frontera die Tertiärbucht sich öffnet. Es ist dieselbe, welche ich bereits als die Bucht des Guadalquivir angeführt habe.

Gonzalo y Tarin hat gezeigt, wie sich der Saum von miocänen Meeresbildungen an den Rand der Meseta lehnt, ausgezeichnet durch grosse Austern und grosse Arten der Gattung Clypeaster, während südlich davon die jüngeren Ablagerungen mit Voluta Lamberti, welche die dritte Mediterranstufe vertreten, über Huelva und La Palma gegen die Provinz Sevilla ziehen.[27]

Der Unterlage der ersten Stufe wird der Orbitoidenkalkstein zuzurechnen sein, welchen M'Pherson in Sevilla am Rande der Meseta traf,[28] und Mallada hat den Grobkalk mit grossen Austern und Clypeaster längs des Thales des Guadalquivir quer durch die Provinz Cordoba bis nach Jaën verfolgt.[29] Schon vor Jahren kannte aber Verneuil vereinzelte Schollen in den höheren Theilen des Flussthales, sogar bis in die Nähe von Alcaraz im westlichen Murcia, und schloss hieraus bereits im Jahre 1853, dass zur Tertiärzeit eine Meeresverbindung quer durch das heutige Festland bestanden haben müsse, durch welche die Sierra Nevada sammt der Sierra de la Sagra, Sierra de Segura und die Berge von Jaën abgetrennt waren von der mit Süsswassersee'n bedeckten Meseta.[30]

Diese Meeresbildungen greifen aber in grösseren Flächen und in kleinen Schollen auch vielfach in das südlich vom Guadalquivir liegende Gebirge. Th. Fuchs fand unter den von Drasche zwischen der Stadt Granada und der Sierra Nevada, knapp am Rande des Gebirges gesammelten Versteinerungen Pectines, welche in die Schioschichten, also in den tiefsten Theil der ersten Stufe zu stellen sind, während aus dem Lithothamnienkalk von Escuzar Pecten Zitteli bekannt ist, welcher heute an die Basis der zweiten Stufe gereiht wird.[31]

Nach Gonzalo y Tarin haben diese Ablagerungen an grossen Gebirgsfaltungen theilgenommen, obwohl sie übergreifend auf den alten Felsarten liegen. Die Verbreitung der Schollen zeigt, dass sie sich über das ganze Gebiet der Alpujarras im Südwesten der Sierra Nevada ausgedehnt haben, und sie treten auch bei Ugijar im Süden des Hochgebirges auf.[32]

Schon Verneuil traf sie bis zur Höhe von 1200 M.

Es ist daher in der Bucht des Guadalquivir eine Verbindung des atlantischen und des Mittelmeeres während der ersten und wohl auch der zweiten Stufe anzunehmen. Der Nordrand lässt sich an dem südlichen Fusse der Meseta vom Meere weit landeinwärts verfolgen, aber der Südrand dieses Meerestheiles ist nicht festzustellen, da spätere Gebirgsbewegungen das Land vollständig verändert haben. Als sicher hat zu gelten, dass Theile der heutigen Cordillere südlich vom Guadalquivir damals noch Meeresgrund waren, und die Verbindung hat aller Wahrscheinlichkeit

nach nicht nur über den Oberlauf des Guadalquivir und die anstossenden Theile von Murcia, sondern auch über jenes Gebiet, welches heute die Alpujarras einnehmen, und an anderen Orten stattgefunden.

Hiebei ist jedoch nicht zu übersehen, dass innerhalb der Schichtfolge dieser Meeresbildungen streckenweise durch die Einschaltung von Süsswasserablagerungen wiederholte untergeordnete Oscillationen angedeutet sind, so im südlichen Theile des Genilthales (Granada). Dieselbe Erscheinung wiederholt sich längs der Ostküste, so z. B. noch bei Barcelona, wo der grössere Theil der Meeresbildungen der zweiten Stufe zufallen dürfte.

Für die Zeit der dritten Stufe scheint eine Verbindung des Oceans mit dem Mittelmeere auf der Linie des Guadalquivir noch nicht erwiesen zu sein.[33]

Gironde. Die grosse Niederung, welche zwischen dem Nordrande der Pyrenäen und der Mündung der Gironde aus dem atlantischen Ocean hervortaucht, hat mit jener des Guadalquivir die Hauptzüge des Baues gemein. Hier wie dort bildet den Nordrand das südliche Gehänge eines alten Gebirgskernes, dort der iberischen Meseta, hier des französischen Centralplateau's, und hier wie dort erfolgt südwärts die Abgrenzung durch den gefalteten Fuss eines Kettengebirges. Hier wie dort fehlt vollständig die Möglichkeit, den südlichen Uferrand des einstigen Meeres zu bestimmen. Aber leider sind an der Gironde die Meeresbildungen, welche wir zu verfolgen haben, so flach gelagert, ihre Mächtigkeit ist eine so geringe und der Einfluss der Denudation ein so beträchtlicher, dass auch für den Norden nur gar entfernte Vermuthungen gestattet sind.

Wir betrachten zuerst die nähere Umgegend von Bordeaux.

Schon im Jahre 1848 hat es Raulin richtig erkannt und Tournouër hat es im Jahre 1862 in einer vortrefflichen Schrift erwiesen, dass die Anordnung der verschiedenen tertiären Meeresbildungen in dieser Gegend eine solche ist, dass man gegen das Centralplateau hin immer ältere, dagegen in der Richtung des Oceans immer jüngere Glieder antrifft. So liegen die älteren Molassen im Thale der Dordogne und der oligocäne Asterienkalk hauptsächlich im Gebiete der Garonne; die älteren Abtheilungen der

conchylienreichen mediterranen Faluns finden ihre typische Entwicklung südwestlich von der Stadt Bordeaux; ihre jüngste Abtheilung aber besitzt ihre bezeichnendste Fundstelle weit draussen im Flachlande, mitten im Gebiete der Sande der Landes, bei Salles an dem Flüsschen Leyre.[34]

Die oligocänen Ablagerungen haben grössere Aehnlichkeit mit jenen der Südalpen als mit jenen der unteren Loire und der Seine; sie bewahren noch bis zu einem gewissen Grade die südeuropäischen Merkmale und schliessen mit einer Süsswasserbildung. Auch die darüber folgenden Meeresbildungen sind durch eingeschaltete Süsswasserbildungen von einander getrennt. Ueber dem Asterienkalke liegt ein erster Süsswasserhorizont; hierauf folgt der marine Falun von Bazas und Merignac; nach einem neuen Süsswasserhorizonte folgt der marine Falun von Léognan, diesem abermals ein Süsswasserhorizont und endlich der jüngste Falun, jener von Salles.

Der Falun von Bazas und Merignac darf vielleicht als dem tiefsten Theile der ersten Stufe entsprechend angesehen werden; die Uebereinstimmung des Falun von Léognan mit den Ablagerungen von Gauderndorf und Eggenburg, nämlich mit den mittleren und oberen Gliedern der ersten Stufe, hat M. Hoernes bereits vor vielen Jahren nachgewiesen, und ebenso hat Th. Fuchs die volle Uebereinstimmung der Conchylien des Falun von Salles mit den Ablagerungen der zweiten Mediterranstufe in der Niederung von Wien gezeigt.[35]

Wendet man sich aber aus dieser Gegend landeinwärts gegen Lot et Garonne und Gers, so sieht man die marinen Ablagerungen rasch abnehmen, während die einzelnen aussermarinen Einschaltungen der Gegend von Bordeaux gegen Südost mehr und mehr an Bedeutung gewinnen und endlich, wie insbesondere von Linder gezeigt worden ist, als zwar deutlich unterscheidbare, aber nicht mehr durch Meeresbildungen von einander getrennte Glieder sich überlagern.[36]

Immerhin liegen noch einige der Zerstörung entgangene Schollen der Meeresablagerungen der zweiten Stufe bei Sos und bei Eauze, unweit der Grenze der beiden genannten Departements und etwa 120—130 Kilom. vom Meere entfernt.[37] Ebenso trifft

man auch weit im Süden die Fortsetzung dieser Lagen an den Abhängen der Pyrenäen. Dort sind nämlich, östlich von Bayonne, die Ablagerungen in ähnlicher Weise wie bei Bordeaux so gelagert, dass die jüngeren Glieder gegen die Niederung hin folgen. Auf die älteren tertiären Schichten folgen die Faluns von Gaas, welche das Aequivalent von Castel Gomberto sind; die erste Mediterranstufe ist in den Faluns von S. Paul, N. von Dax und von S. Avit bei Mont de Marsan vertreten, und diesen folgen die Faluns von Saubrigues und S. Jean de Marsac, welche der zweiten Stufe angehören und folglich die Fortsetzung der Faluns von Salles, Eauze und Sos sind.[38] Oestlich von diesen Vorkommnissen ist der Fuss der Pyrenäen mit Schutt bedeckt.

Die Meeresbildungen verschwinden landeinwärts; im Departement Gers und gegen Toulouse hin breiten sich die Süsswasserbildungen aus, und trotz der Vertretung der ersten und zweiten Stufe bei Bordeaux und westlich von Bayonne und trotz des nachweisbaren tiefen Eingreifens derselben in das Land ist wegen der grossen Zunahme und dem endlich ausschliessenden Auftreten der Süsswasserbildungen hier eine alte Verbindung des Mittelmeeres mit dem atlantischen Ocean vorläufig nicht vorauszusetzen.

Schon vor vielen Jahren wollte Tournouër nur die Linie des Guadalquivir, die andalusische Verbindung, wie er sie nannte, als den einstigen Communicationsweg des alten Mittelmeeres mit dem Ocean anerkennen, und diese Ansicht findet durch die seitherigen Arbeiten Bestätigung.

Dieses Ergebniss ist aber um so auffallender, als im Gebiete der Loire, östlich von dem alten Gebirge der Bretagne, sich ein ansehnlicher Lappen von Meeresablagerungen der zweiten Stufe ausbreitet. Er bildet die Faluns der Touraine und reicht bis über Blois hinaus, obwohl das Gebiet der Seine von diesem Meerestheile nicht erreicht worden ist.[39] Die Faluns von Pont-Levoy in der Touraine stimmen mit jenen von Salles und Saubrigues überein, aber die Verbindung dieses Meerestheiles mit dem Ocean hat nicht gegen Nord und nicht gegen Ost, auch nicht gegen die untere Loire, sondern wahrscheinlich über Poitiers stattgefunden. Es ist eine sehr ausgedehnte Abtragung dieser leicht zerstörbaren Ablagerungen vorauszusetzen.

Die Bucht der Gironde ist demnach wahrscheinlich nicht als eine alte Verbindungsstrasse des Mittelmeeres anzusehen, sondern nur als eine atlantische Bucht, aus welcher das Meer mehrmals zurückwich, um wieder in dieselbe zurückzukehren. Die erste Stufe ist durch Meeresbildungen vertreten; besondere Ausbreitung ist für die zweite Stufe erkennbar, und es ist die Vermuthung gestattet, dass zu jener Zeit von hier eine Ausbreitung des Meeres bis an die Loire reichte. Ablagerungen der dritten Stufe sind in diesem Gebiete nicht nachgewiesen.

Rhône. So wie das Thal des Guadalquivir und jenes der Loire den atlantischen Wässern, öffnete sich dem westlichen Mittelmeere das heutige Thal des Rhôneflusses. An den Südrand des Centralplateau's schmiegt sich bei Montpellier eine mannigfaltige Reihe jüngerer Tertiärbildungen, und es greifen von den Mündungen her Meeresablagerungen der ersten, zweiten und dritten Stufe weit nordwärts in das Land.. Die Kenntniss dieses Gebietes ist von grosser Bedeutung für die Geschichte des Mittelmeeres, und wir besitzen von demselben, abgesehen von älteren Arbeiten, eine Reihe trefflicher Monographien von F. Fontannes, welche vollen Einblick gewähren.[40]

Zuerst ist hervorzuheben, dass das Thal des Rhône unterhalb Lyon, welches man richtiger das untere Saônethal nennen würde, abermals jene Grundzüge des Baues wiederholt, welche wir am Guadalquivir und der Gironde getroffen haben. Wieder bildet eine Seite des Thales der Rand eines alten Gebirgskernes und die andere Seite der vorgeschobene Saum eines Kettengebirges, nämlich der Alpen. Es muss aber schon hier bemerkt werden, dass die Ablagerungen der ersten, und nach Fontanne's Profilen wohl auch der zweiten Stufe, obwohl vielfach transgredirend auf Schollen der Kreideformation abgelagert, doch die Bewegungen des äusseren Saumes der Alpen mitgemacht haben. Sie heben gegen die Alpen hin ihre Schichtenköpfe steil zum Himmel, diese sind wohl auch an einzelnen Stellen übergebogen[41] und wir entbehren folglich jedes Anhaltspunktes, um das östliche Ufer der ersten und zweiten Stufe festzustellen. Anders verhält es sich, wie sich sofort zeigen wird, mit der nachfolgenden dritten Stufe.

Etwa auf halbem Wege zwischen Lyon und dem Meere, bei Montélimart, nähert sich der convexe Bogen der Alpen am meisten dem Bruchrande des Centralplateau's und gerade an dieser Stelle ragt ein längerer Rücken von Kreidegebirge hervor, gegen West und Ost von Tertiärbildungen begleitet. Er grenzt das Dauphiné im Norden von dem provençalischen Gebiete im Süden ab. Dieses südliche Gebiet ist von hervorragenden Kuppen des Kreidegebirges unterbrochen.

Alle drei Mediterranstufen reichen nordwärts über die Enge von Montélimart hinaus. Ihre Unterlage besteht aus Süsswasserschichten, deren höchste Theile möglicher Weise schon der ersten Stufe zuzuzählen sind. Hierauf folgt eine längere Reihe von Meeresbildungen, welche Fontannes als ‚Helvétien' oder ‚Groupe de Visan' bezeichnet. Diese Gruppe umschliesst die Aequivalente von Léognan und der ersten Mediterranstufe, aber ihre obersten Schichten, die Mergel und Sande von Tersanne, Visan und Cabrières, sind die Vertreter der zweiten Stufe. Dieses oberste Glied tritt in zwei verschiedenen Entwicklungen auf. Im Süden, wie bei Cabrières am Mont Luberon, ist es eine reine Meeresablagerung, ausgezeichnet durch Ancillaria glandiformis, Cardita Jouannetti und die gewöhnlichen Begleiter derselben, welche von Fischer und Tournouër dem Falun von Salles gleichgestellt wird, und Th. Fuchs und Fontannes haben gemeinschaftlich in Cabrières selbst die besondere Aehnlichkeit mit Grinzing bestätigt.[42] Es steht daher fest, dass dieser Horizont der zweiten Stufe zufällt, und dass jene Süsswasserbildungen, welche an anderen Orten zwischen I und II auftreten, hier nicht bekannt sind. In dem Bas-Dauphiné und nordwärts tritt dagegen eine Ablagerung auf, welche zu Tersanne (Drôme) noch eine gute Anzahl mariner Arten, noch weiter im Norden aber neben zahlreichen Helices nur eine vereinzelte glatte Nassa, N. Michaudi, enthält.

Der zweiten Stufe folgt Süsswasserkalk; über demselben erscheinen rothe Thone mit der reichen Säugthierfauna von Cucuron.

Die nachfolgenden Ablagerungen sind unter verschiedenen Verhältnissen abgelagert. Sie sind durch eine Zeit der Erosion getrennt und liegen in den ausgefurchten Thälern; sie haben keinen Antheil genommen an den Faltungen der Alpen.

Das erste Glied dieser zweiten Gruppe besteht aus den merkwürdigen Süsswasserschichten von Bollène, mit Melanopsis, Cardium und Congeria, deren Aehnlichkeit mit den ausgedehnten Süsswasserschichten des östlichen Europa zuerst von K. Mayer betont worden ist. Nun folgen die Mergel mit Nassa semistriata, als die marinen Vertreter der dritten Stufe, und diesen abermals Süsswasser- und Landbildungen. Noch jünger als diese sind die Ablagerungen mit Mastodon avernensis.

Hienach zeigt auch das Rhônethal eine lange Reihe wechselnder mariner und aussermariner Schichten. Die Grenze zwischen I und II ist nicht wie an vielen Orten durch eine aussermarine Einschaltung bezeichnet, aber II ist nordwärts nur durch die litoralen Lagen mit Nassa Michaudi und Landschnecken bezeichnet. Zwischen II und III tritt dagegen ein so weites Zurückweichen des Meeres, dass die Austiefung von Thälern erfolgt, und vielleicht fallen gerade in diese Zeit grosse tektonische Veränderungen an dem Saume der Alpen. Die Congerienschichten von Bollène sind die ersten, welche sich in diese neuen Thäler legen. Ich gestehe jedoch, dass mir einige Zweifel darüber geblieben sind, welche Rolle bei dieser Gruppirung dem säugthierreichen rothen Thone von Cucuron zufällt, welcher weder eine Meeres-, noch eine reine Süsswasserbildung, sondern wie an vielen anderen Orten der Hauptsache nach eine subaërische, höchstens durch untergeordnete Wasserläufe gesammelte Menge von Terra rossa zu sein scheint, nämlich der Lösungsrückstand, welcher auf Kalkplateaux zurückbleibt, welche durch lange Zeit der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt sind. So verhält es sich bekanntlich mit dem rothen Thone des Karstes, mit den rothen Breccien in den Kalkspalten vieler Mittelmeerinseln und wohl auch mit dem rothen Thone von Pikermi bei Athen.[43]

Die drei Stufen des Mittelmeeres greifen nun auf folgende Weise in das Land:

Die erste Stufe begleitet den Saum der Alpen, nimmt Theil an der Faltung, liegt etwas entfernter vom Gebirge flach und zieht über Chambery und den Lac de Bourget in die Schweiz. Sie findet ihre unmittelbare Fortsetzung in der Meeresmolasse der Schweizer Alpen.

Die zweite Stufe scheint auch noch an der Gebirgsfaltung Antheil zu nehmen, liegt jedoch, wie auch die erste Stufe, in einiger Entfernung von den Alpen flach. Sie ist im Norden nur durch eine an Landschnecken reiche Litoralbildung mit Nassa Michaudi vertreten und reicht, sammt ihrer Unterlage durch Erosion in kleinere Plateaux aufgelöst, nordwärts bis in den grossen Bug des Rhôneflusses, also bis nahe an die Stadt Lyon. Sie tritt aber nicht als marines Glied in die Schweizer Alpen hinüber.

Der Verlauf der Küste zur Zeit der dritten Stufe ist von Fontannes für ganz Südfrankreich mit besonderer Ausführlichkeit verfolgt worden.[44] Diese greift an dem östlichen Ende der Pyrenäen bei Perpignan buchtförmig in das Land, streckt sich über Narbonne und Bezières, umgeht das Vorgebirge von Frontignan und Cette, wird dann durch die Kreiderücken von Montpellier und Nîmes bestimmt, und greift endlich von Avignon an tief in das Land. Die Meeresablagerungen dieser Stufe sind bis zum Péage von Roussillon, südlich von Vienne, bekannt. Der nördliche Theil des Golfes war schmal und liegt, wie bereits gesagt wurde, in den Ausfurchungen der ersten und zweiten Stufe. Die schönen Profile desselben Beobachters quer über den bereits erwähnten cretacischen Rücken von Montélimart, welche von den Alpen bis zum Rande des Centralplateau's reichen, zeigen den folgenden Bau: zwischen den Alpen und diesem Rücken liegen in eine Synklinale zusammengebogen die erste und zweite Stufe, während auf der anderen Seite des Rückens, zwischen demselben und dem Rande des Centralplateau's, die flach gelagerte dritte Stufe und der Rhônefluss durchziehen.[45]

Die Ostseite des Golfes der dritten Stufe bildet mehrere Buchten, so gegen das Thal der Durance, und sie erreicht bei Martigues den heutigen Strand.

Wir kehren nach Chambery zurück und treten in das Gebiet der Alpen ein. Auf eine lange Strecke treffen wir nun lediglich die erste Mediterranstufe durch Meeresbildungen vertreten, und so mag diese Stelle benützt werden, um eine andere Art der Besprechung des Gegenstandes einzuführen. Fortan werden nicht ganze Gebietstheile nach dem Vorkommen der drei Stufen in denselben verglichen werden, sondern ich werde nun jede einzelne

Stufe durch die einzelnen Gebiete ihres Auftretens zu verfolgen suchen.

Die erste Mediterranstufe. Die erste Stufe tritt nicht nur in den Saum der Alpen, sondern auch in viele der grossen Längenthäler des Juragebirges ein, und hat alle die grossen und regelmässigen Faltungen desselben mitgemacht, sowie auch die ihr aufgelagerte obere Süsswassermolasse. Sie heisst hier obere Meeresmolasse oder Muschelsandstein. Sie liegt z. B. im Waadtland'schen Jura bei Locle und la Chaux de Fonds und umschliesst dort abgerollte Stücke aus der unteren Kreide, ein Beweis, dass doch ein Theil des Juragebirges bereits hervorgeragt haben muss.[46] Nichtsdestoweniger erreicht sie bei la Chaux de Fonds durch Faltung 1040 M. In Längenthälern des Berner Jura ist sie von Nagelflue begleitet, deren Gerölle von den Vogesen oder dem Schwarzwalde stammen.[47]

Ihre Mächtigkeit ist jedoch innerhalb des Juragebirges keine bedeutende und manche Anzeichen verrathen die Nähe des Strandes.

Bei Chambery liegt die Meeresmolasse nach Studer auf der unteren Süsswassermolasse, am Lac de Bourget lehnt sie mit steilem Schichtenfall an Rudistenkalk, ebenso bei Seyssel;[48] an der Perte du Rhône selbst liegt sie nach Renevier's Darstellung horizontal auf Kreideformation.[49]

Wir befinden uns nun innerhalb des Molassenlandes der Schweiz. Die Meeresmolasse liegt hier auf der unteren Süsswassermolasse, die eine marine oder brackische Schichte umschliesst, welche im Alter den Faluns von Bazas bei Bordeaux, an der Grenze gegen das Oligocän, gleichsteht; über der Meeresmolasse liegt die obere Süsswassermolasse. Der Bau dieser Gegend ist oft erwähnt worden. Die Schichten der Molasse sind an der Stirn der Alpen aufgewölbt, entfernter vom Gebirge liegen sie flach. Durch die ganze Länge der Antiklinale der Molasse läuft die Meeresmolasse hin und verlässt bei Bregenz die Schweiz, um ihre Fortsetzung in der Richtung von Kempten in Baiern zu finden. Der Nordflügel liegt auch hier flach und setzt über den Bodensee gegen den Rand der Schwäbischen Alb fort.

Abermals sehen wir, wie so oft schon, an einer Seite des Gebietes, welches betrachtet werden soll, den vorgeschobenen Rand des Kettengebirges, an der anderen Seite erst den Donaubruch, dann den Südrand der böhmischen Masse. Diesem entsprechend begegnen wir einer südlichen oder subalpinen und einer nördlichen Zone von Meeresmolasse, während die jüngeren Bildungen der Ebene mehr oder minder vollständig den Zwischenraum bedecken, aber selbstverständlich kann die südliche Zone auch hier nicht als eine Küstenlinie gelten.

Diese südliche Zone läuft nach Gümbel's Beobachtungen in ziemlich gleicher Entfernung von den Kalkalpen, von Bregenz über Scheffau, Kempten, Peissenberg u. s. f., endlich über Traunstein bis in die unmittelbare Nähe der Salzach.[50] Sie scheint nicht nach Oesterreich herüberzutreten. Wir haben aber festzuhalten, dass vom Mont Luberon an der Durance, welcher selbst nur ein ostwestlich streichender Zug der umbeugenden Alpen zu sein scheint, durch das Rhônethal aufwärts, über Montélimart, dann jenseits Chambery durch die ganze Schweiz, durch Vorarlberg und ganz Baiern, von der Durance bis zur Salzach, Meeresablagerungen der ersten Mediterranstufe von dem faltenden Saume des Hochgebirges vorwärts bewegt worden sind, welches daher selbst, zum Wenigsten mit seinen äusseren Theilen, auf einem Raume steht, welcher einstens dem Mittelmeere angehörte.

Die nördliche, flachgelagerte Zone der Meeresmolasse liegt nicht auf tieferen Gliedern der Tertiärformation, sondern lehnt sich an viel ältere Gebirge, zumeist an den Jurakalk der Schwäbischen Alb. Sie ist die Fortsetzung jener Zone, welche in der Schweiz als die ‚subjurassische‘ Meeresmolasse bezeichnet wird. An den äusseren Gehängen des Randes liegt sie nach Schill über 800 M. hoch;[51] sie hat in der benachbarten vulcanischen Region des Höhgau mancherlei Störungen erlitten und zieht von da, beiläufig dem Albrande folgend, weit gegen Nordost. Der sichtbare Verlauf ist zwar mehrfach durch Abwaschung oder durch Ueberdeckung unterbrochen, doch verfolgt man sie deutlich bis an den Rand des bayrischen Waldes, wo sie, bald den archäischen Gesteinen, bald den jurassischen Schollen der Gegend von Passau aufgelagert, namentlich bei Ortenburg mit grossem Reichthume

an Versteinerungen auftritt.[52] In wiederholten Schollen findet sie längs dem Rande der böhmischen Masse ihre Fortsetzung bei Linz, Wallsee, Mölk, Wiedendorf bei Krems, Grübern, Meissau, Eggenburg, bis die letzten Spuren bei Unter-Nalb in der Nähe von Retz erreicht sind.

Auch diese Zone ist daher auf eine ausserordentlich lange Erstreckung, und zwar von der Schweiz her bis ganz nahe an die Stelle bekannt, an welcher der Thayafluss aus dem alten Gebirge in die Niederung hervortritt. (S. 279.)

Gegen Ost nimmt sie einigermassen an Mannigfaltigkeit zu. Während, wie wir früher sagten, im Westen in der Regel der Meeressand unmittelbar auf älterem Gebirge ruht, erscheint bei Linz als Hauptvertreter der Zone weisser Sand mit Resten von Squalodon und anderen Seesäugthieren, bei Mölk aber liegt unter diesem weissen Sande Thon mit Cerithium margaritaceum und Ostrea fimbriata, in Begleitung von Kohlenflötzen, so dass man an die brackische Unterlage der südlichen Zone in der subalpinen Region der Schweiz und Bayerns erinnert wird.[53]

Bei Meissau in Niederösterreich sieht man eine wahre Strandbildung an den äusseren Gehängen des Mannhartsberges, und die Balanen sind, wie M. Hörnes vor Jahren bereits bemerkte, auf die rundgewaschenen Granitkuppen aufgewachsen. Westlich von Meissau liegt bei Horn eine grössere Scholle eingesenkt in das alte Gebirge; dies ist das sogenannte ‚Horner Becken‘ und hier ist die Mannigfaltigkeit am grössten. Die Unterlage besteht hier aus den Brackwasserschichten von Molt mit Cerithium margaritaceum, welche den kohlenführenden Lagen von Mölk entsprechen. Ihnen ist der Sand von Loibersdorf aufgelagert, mit dem grossen Cardium Kübecki und den bereits erwähnten Anmahnungen an amerikanische Vorkommnisse, ein Horizont, welcher, wenig mächtig und manche oligocäne Art umschliessend, bis Siebenbürgen bekannt, aber dem westlichen Europa bis heute fremd ist. Der nächste Horizont ist jener von Gauderndorf, besonders ähnlich der Meeresmolasse von St. Gallen, und auf diesem lagern die mehr litoralen Bildungen von Eggenburg und Meissau.

Die südliche Zone sehen wir an der Salzach enden, die nördliche Zone aber nahe an der Thaya.

Was an Spuren der ersten Mediterranzone noch weiter gegen Nord liegt, ist vereinzelt und wenig ausgeprägt. Die einzige sichere Nachweisung derselben an der Aussenseite der Karpathen erfolgte in der Nähe von Mautnitz bei Seelowitz im nördlichen Mähren.[54] Dort zeigt sich der Horizont von Gauderndorf und vielleicht jener von Eggenburg. In dem Hangendgebirge des Steinkohlengebietes von Ostrau scheint der erstere auch vertreten zu sein, und unter demselben liegen basaltische Tuffe mit grossen Meeresconchylien, die jenen von Loibersdorf gleichen.

Nördlich von diesem Kohlenfelde und an dem ganzen weiteren Aussenrande der Karpathen ist mir bis heute noch keine ganz zuverlässige Spur der ersten Stufe bekannt geworden.

So zeigt es sich, dass in dieser ersten Phase der Ausbreitung das Mittelmeer bis an die südlichen Ränder der grossen westeuropäischen Horste gereicht und das ganze Gebiet des heutigen Hauptstammes der Alpen mit einem Arme umfasst hat, dessen einstige Breite wir allerdings nicht einmal annähernd zu bestimmen in der Lage sind. Gegen die Schweizer und Bayrischen Alpen hin treffen wir nur aufgerichtete Schichtenköpfe; gegen Nord scheint der Albrand und der Südrand der böhmischen Masse ziemlich nahe mit dem Ufer zusammenzufallen, aber es schieben sich brackische Schichten in der Richtung des Rheinthales vor, unter welchen der Horizont des Mainzer Cerithienkalkes als ein Zeitäquivalent der ganzen oder doch des tieferen Theiles der ersten Mediterranstufe anzusehen ist. Dieser erscheint aber nicht nur in der Tiefe des Rheinthales, sondern auch als eine vereinzelte Scholle bei Darmstadt. Solche Schollen bestärken die Vermuthung, dass die Ausbreitung der heute bei Mainz sichtbaren tertiären Ablagerungen eine weit grössere gewesen sei, und dass die grosse Grabenverwerfung des Rheins jünger sei als diese Ablagerungen.[55] —

Es ist nicht meine Absicht, die südlich von den bisher besprochenen Zonen bekannten Vorkommnisse der ersten Mediterranstufe im Einzelnen zu verfolgen. Für die uns hier berührenden Fragen reicht es hin, zu wissen, dass viele solcher Vorkommnisse davon Zeugniss geben, dass die Verbreitung des Meeres im südlichen Europa und in einem grossen Theile des heutigen Mittelmeergebietes eine beträchtliche war. Allerdings ist mir die I. Stufe

an dem inneren Bruchrande der Karpathen nicht bekannt; ebenso wenig ist sie bisher in dem eingebrochenen Theile der Niederung von Wien zwischen der Flyschzone und dem Leithagebirge und auch nicht an dem Bruchrande der Alpen bei Güns und Graz bekannt, und auch in den Senkungsfeldern an der Innenseite des Apennin sieht man sie nicht. Dafür tritt sie aber an vielen Orten innerhalb der ungarischen Niederung auf; bei Korod in Siebenbürgen wiederholen sich die Ablagerungen von Loibersdorf. In Südsteiermark und Krain hat diese Stufe eine grosse Verbreitung und ist sie in grosse ostwestlich streichende Falten gelegt. Die Schichten von Schio und der Grünsand von Belluno gehören ihr in den Südalpen an; hieher zählen wir den Serpentinsand von Turin und die Kalksteine des Mont Titano an der Aussenseite des Apennin, und tiefere Lagen der Insel Malta.

Man kennt diese Stufe von Corsica und Sardinien, ebenso aus den algierischen Küstenstrichen. Th. Fuchs hat unter den von Lenz in Marokko gesammelten Versteinerungen Pecten Beudanti, eine bezeichnende Form der I. Stufe, erkannt. Das Stück stammt aus dem Gebiete der tertiären Salzablagerungen von Fâs.[56]

Wir brechen nun aber diese Bemerkungen über den Westen ab, um eine Reihe von Erfahrungen aufzuzählen, welche im Osten gesammelt worden sind, und welche ein unerwartetes Licht auf die Vergangenheit des Mittelmeeres werfen.

Dem ganzen Pontus, dem Marmarameere und dem ägäischen Meere fehlt bis heute jeder Nachweis der ersten Mediterranstufe. Rumelien und Anatolien bilden jetzt, und auch, wie sich zeigen wird, noch in weit späterer Zeit eine geschlossene Festlandsmasse, an deren südlichem und östlichem Rande jedoch die Spuren der alten Erstreckung des Mittelmeeres erkennbar sind. Diese Spuren bestehen in versteinerungsreichen Schollen, welche, durch späte Gebirgsbewegungen und durch die Erosion aus dem Zusammenhange gerissen, in zuweilen ganz erstaunlichen Höhen auf dem älteren Gebirge angetroffen werden. Allerdings ist nicht in jeder Scholle nach den heute vorliegenden Angaben zu unterscheiden, ob sie der I. oder der II. Stufe angehöre, aber es ist kein Zweifel darüber, dass beide Stufen in diesem Gebiete ihre Vertretung finden.

Die erste dieser Schollen liegt in Karien, bei dem Dorfe Germano, an dem südlichen Gehänge der Kette des Lida, östlich von der Insel Kos; sie findet ihre Fortsetzung in einer Reihe gegen Nordost gelegener Vorkommnisse, und noch weiter landeinwärts in derselben Richtung liegt auf der Höhe des Davas Dagh, in mehr als 1360 M. transgredirend auf steilgestellten älteren Schichten, ein Bruchstück von muschelreichen, marinen Mediterranschichten. Tchihatcheff hat es aufgefunden und beschrieben.[57]

Eine zweite Gruppe solcher Schollen ist aus dem südlichen Lycien bekannt. Spratt und Forbes haben hier an vier Stellen diese Ablagerungen gefunden; die erste liegt bei Arsa, am linken Ufer des Xanthus, die zweite bei Saaret in der Nähe von Antiphellus, mehr als 800 M. über dem Meere, die dritte bei Gendever an der Westseite des Thales von Kassabar in 900 M., und die vierte endlich bei Armutli, am südlichen Ende der Hochfläche von Armali, 2000 M. hoch.[58] Noch viel weiter gegen Nordost, am jenseitigen Ende dieser Hochfläche, bei Tshobansa, hat Tchihatcheff Spuren getroffen.

Im petraïschen Cilicien gewinnen diese Ablagerungen Zusammenhang und sie reichen nach Tchihatcheff im Thale des Gueuk-Su vom Meeresufer an bis über Ermenek, umziehen dann die aus älteren Felsarten gebildete Kette des Topguedik Dagh und erreichen bei Boyalar unweit von Karaman die Höhe von 1318 M. Von Karaman an umgürten sie gegen Südost das ältere Gebirge und erstrecken sich längs der Küste gegen Tarsus und Adana.[59]

Die Mediterran-Ablagerungen der Umgebung von Tarsus sind durch ihre Ausbreitung und ihren Reichthum an organischen Resten ausgezeichnet; Russegger hat dieselben schon vor vielen Jahren beobachtet und an den oberen Zuflüssen des Saihun weit in das Gebirge verfolgt; einen besonderen Reichthum an Versteinerungen traf derselbe bei dem Dorfe Hudh, am Ostabhange des Bulgar Dagh.[60]

Mit diesem ausgedehnten Gebiete enden aber die mediterranen Ablagerungen nicht. Die mühevollen Reisen Tchihatcheff's haben weit im Innern des Landes, ja bis in überraschender Nähe an das pontische Ufer das Vorhandensein vereinzelter Stücke derselben ergeben.

Hoch im Norden, östlich von Tokat, zwischen Alus und Terzi, am Oberlaufe des Jeshil Irmak (hier Derekojun-Su) liegt Sandstein und gelblicher Kalk mit Pecten planecostatus und Anomia costata. Oestlich davon befindet sich südlich von Enderes eine grössere Scholle; Pecten planecostatus und Pecten scabrellus werden von hier genannt. Südöstlich von dieser Stelle erscheinen dieselben Ablagerungen am Oberlaufe des Euphrat wieder, aber trotz dieser Annäherung an das Schwarze Meer wird ausdrücklich betont, dass sie durch eine mächtige Gebirgskette von demselben abgeschlossen bleiben.[61]

So dürfen wir denn nicht bezweifeln, dass der östliche Theil Kleinasiens in später Zeit grossen Veränderungen der Bodengestaltung unterworfen war, und dass das Mittelmeer einen grossen Theil dieser Gebiete einstens bedeckt hat. Hudh, obwohl weit landeinwärts gelegen, ist nach der von F. v. Hauer veröffentlichten Liste der Versteinerungen der II. Stufe zuzuzählen;[62] die nördlicheren Vorkommnisse betrachte ich als der I. Stufe angehörig. —

So unerwartet diese Beobachtungen an sich sind, haben sie ihre volle Bedeutung doch erst gewonnen, seitdem durch Abich's umfassende Forschungen uns die Grundzüge des Baues von Armenien, Azerbedjan und dem kaukasischen Isthmus erschlossen worden sind. Aus diesen lernen wir nun, dass die versteinerungsreichen Ablagerungen der ersten Mediterranstufe auch in dem südlichen Theile dieses Gebietes durch späte Gebirgsbewegungen in Schollen zerbrochen und zu grossen Höhen emporgetragen worden sind, und dass sie im Gebiete des Euphrat aus der Nähe des Passes Sipinkör, nördlich von Erzinghan, bis über Mamachutun im Gau von Terdjan (westlich von Erzerum) sich erstrecken. Sie erreichen jedoch das armenische Hochland nördlich vom Araxes nicht, auf welchem bisher nur oligocäne Ablagerungen getroffen wurden, sondern setzen sich gegen Südost fort und erscheinen insbesondere auf den Inseln und an dem Ufer des Urmia-See's in beträchtlicher Entwicklung. Sie befinden sich hier in übergreifender Lagerung auf paläozoischer Unterlage.[63]

Von da breiten sich diese mediterranen Meeresbildungen weit über das iranische Hochland aus, und Fuchs hat nach Tietze's

Aufsammlungen im Siakuhgebirge, südöstlich von Teheran, die tieferen Theile der I. Stufe nachgewiesen.[64]

Ausdrücklich hebt Fuchs hervor, dass die Conchylienfauna vom Siakuhgebirge noch vollständig das Gepräge einer mediterranen Tertiärfauna trägt. So wie Tchihatcheff betont, dass auch die nördlichsten dieser Ablagerungen in keinem Zusammenhange stehen mit den Ufern des Schwarzen Meeres, betont auch Tietze, dass an dem kaspischen Abhange des Alburs weder diese Ablagerungen, noch die sofort zu erwähnende Salzformation der Südseite getroffen worden sind.[65] —

Die oligocänen Ablagerungen vom Horizonte von Castel Gomberto sind in Westindien bekannt; sie erscheinen wieder in Südeuropa; wir kennen sie durch Abich aus Armenien.

In gleicher Weise reicht die erste Mediterranstufe von den Azoren und Madeira nach Europa und bis nach Persien. Sie greift von der atlantischen Küste in die Bucht der Garonne zwischen dem Centralplateau und dem Nordrande der Pyrenäen, ohne, wie es scheint, auf diesem Wege bis in das heutige Gebiet des Mittelmeeres vorzudringen. Dagegen ist ihr die andalusische Strasse zwischen der betischen Cordillere und der iberischen Meseta offengestanden, und vielleicht gab es noch eine südlichere Verbindung über Fâs. Dieses Meer trat nun von Süden her an das französische Centralplateau, reichte bis in das Gebiet eines grossen Theiles des heutigen Juragebirges, hatte nach Norden, wo heute das Rheinthal eingesenkt ist, wahrscheinlich eine brackische Ausweitung, bespülte die schwäbische Alb und den Jurakalkstein von Passau, umgürtete die böhmische Masse und reichte, dem äusseren Abhange des Mannhart, dann dem Gehänge des devonischen Gebirges nördlich von Brünn folgend, bis an die Nordgrenze von Mähren.

Grosse Veränderungen sind seither eingetreten; vom Golf von Lyon bis in die Nähe von Salzburg sieht man die Ablagerungen dieses Meeres eingefaltet in den vorwärts bewegten Saum der Alpen, und die Umgestaltung der Gebirge ist eine so gewaltige gewesen, dass heute nur sehr vereinzelte Züge des damaligen Zustandes zu erkennen sind. Immerhin mag man sehen, dass dieses Meer gegen Ost bis Siebenbürgen reichte

und dass seine Ablagerungen in den nordafrikanischen Küstengebirgen, in Italien, auf Sicilien und Malta vertreten sind. Sie fehlen aber der Balkanhalbinsel, dem Pontus und dem westlichen Kleinasien.

An der Südseite Kleinasiens treten sie wieder auf und wurden in einzelnen Schollen nordwärts bis in das Thal des Jeschil-Irmak und bis an den Oberlauf des Euphrat, von dort über den Urmia-See bis auf das iranische Hochland verfolgt.

In welchem Grade nun auch in untergeordneten Theilen unsere Anschauungen über diesen Gegenstand Erweiterungen und Berichtigungen erfahren mögen, so mag doch aus den Anstrengungen so vieler Forscher die Erfahrung als ein gesichertes Ergebniss geschöpft werden, dass zu jener Zeit, in welcher unsere Meeresfauna zum ersten Male in ihren Hauptzügen das Gepräge der heutigen Mittelmeerfauna annahm, dieses Meer das heutige Gebiet der Alpen umfasste und bis weit über Teheran nach Osten reichte.

Unter welchen Wandelungen sich aber die Umgestaltung aus dieser ersten Phase bis zu dem heutigen Zustande des Mittelmeeres sich vollzog, wollen wir nun weiter verfolgen.

Der Schlier. Es ist einer der bemerkenswerthesten Abschnitte in der Vergangenheit des Mittelmeeres, welcher jetzt zu besprechen ist. Die grosse erste Ausbreitung des Mittelmeeres mit ihren mannigfaltigen Ablagerungen von Thon, Sand und Kalksedimenten, welche eine weitgehende Sonderung der zur Ablagerung gelangenden Stoffe erweist, ist vorüber, und an ihre Stelle tritt ein Meer, welches über ausserordentlich weite Strecken gleichförmigen, blaugrauen, häufig mit kleinen Glimmerblättchen durchstreuten Schlamm niederlegt, aus welchem eine wenig plastische, bald etwas schiefrige, bald derbe und harte, mergelige Molasse geworden ist, welche in Oberösterreich mit dem Worte ‚Schlier‘ bezeichnet wird. Häufig sind von Oberösterreich bis nach Galizien dieser Molasse grosse linsenförmige Massen von rein gewaschenem, losem Kies eingelagert; im Apennin erscheinen ähnliche Einschaltungen von Serpentinsand. Reine Kalklagen fehlen gänzlich; dafür ist der Schlier oft von Jod- oder Bitterquellen, von Gyps-

oder Salzflötzen, ja bei Kalusch am Nordrande der Karpathen sogar von jenen Kalisalzen begleitet, welche das Product einer sehr weit vorgeschrittenen Verdampfung des Meerwassers sind.

Allenthalben ist dieses Glied von derselben Fauna begleitet, welche ein eigenthümliches Gepräge besitzt. Aturia Aturi, Solenomya Doderleini, Axinus angulatus, Pecten denudatus, Spatangus austriacus gehören zu den bezeichnendsten Formen; die Korallen sind fast nur durch Einzelkorallen vertreten; zuweilen erscheinen grosse Schaaren von Pteropodenschalen.

Dieses wichtige und durch die Beständigkeit so vieler Merkmale ausgezeichnete Glied der Tertiärformation ist sonderbarer Weise den älteren Beobachtern entgangen.

Im Jahre 1852 beschrieb C. Ehrlich in Linz den Schlier von Ottnang in Oberösterreich.[66] Im folgenden Jahre veröffentlichte M. Hörnes eine Liste der Conchylien von Ottnang und hielt sie im Wesentlichen für übereinstimmend mit jenen des Tegels von Baden bei Wien, also mit den Tiefwasserbildungen der II. Mediterranstufe.[67] Im Jahre 1866 identificirte ich mit dem Schlier von Ottnang den durch Fischschuppen ausgezeichneten blaugrauen Mergel der ausseralpinen Niederung von Wien, und konnte bereits gezeigt werden, dass derselbe ein selbständiges, der I. Mediterranstufe aufgelagertes Glied der Tertiärformation sei, welchem die Bitterquellen von Laa in Niederösterreich und manche ähnliche Vorkommnisse angehören; endlich konnte bereits die Vermuthung ausgesprochen werden, dass im Norden die berühmten Salzflötze von Wieliczka hieher zu zählen seien.[68]

Nachdem an mehreren anderen Punkten in Oesterreich und Ungarn der Schlier mit denselben Merkmalen wiedererkannt worden war, kündigte Th. Fuchs im Jahre 1872 die überraschende Beobachtung an, dass der österreichische Schlier in Italien auftrete, und nicht lange darauf zeigte derselbe, dass die mächtigen Molasseberge, welche in kühnen Formen, vom Reno durchrissen, den Aussenrand des Apennin oberhalb Bologna bilden, dieselben bezeichnenden Fossilien, wie Aturia Aturi, Solenomya Doderleini, Pecten denudatus u. s. w. führen und dieselbe tektonische Stelle einnehmen wie der Schlier an dem Aussenrande der Karpathen.[69] Im Jahre 1876 endlich lieferte Fuchs nach einem Besuche

der Inseln Malta und Gozzo den Nachweis, dass auch dort zwischen der I. und II. Mediterranstufe thonige und mergelige Schichten mit Aturia Aturi, Pecten denudatus und anderen bezeichnenden Fossilien des Schlier auftreten.[70] Nachdem nun Rud. Hörnes für den Norden[71] und Manzoni für die Gegend von Bologna[72] in paläontologischen Arbeiten diese Angaben bestätigt hatten, konnte man erkennen, dass nicht nur am Nordrande der Ostalpen, sondern vom Nordrande der Karpathen bis Malta zwischen die I. und II. Stufe der Schlier als ein selbständiges, fremdartiges, einförmiges Schichtgebilde mit besonderen Merkmalen eingeschaltet sei.[73]

Die Verbreitung ist nach den heutigen Erfahrungen die folgende.

Der Schlier beginnt in den östlichsten Theilen Bayerns. Er reicht in Oberösterreich, von den jüngeren Bildungen der Ebene bedeckt, vom Saume der Alpen bis an den Rand der böhmischen Masse. Er bildet ebenso weiter im Osten den Untergrund der Ebene von der Südspitze der böhmischen Masse bis zu den Alpen, liegt östlich von Krems unmittelbar auf granitischen Ausläufern, und bei Grübern südlich von Meissau unmittelbar auf den obersten Theilen der I. Mediterranstufe. Wo diese abgewaschen ist, schliesst er sich an das Urgebirge; er erstreckt sich dann, vielfach von Schollen der II. Stufe bedeckt, über die heutige europäische Wasserscheide, bildet den grössten Theil der Hangendschichten der Kohlenfelder von Ostrau und greift von da gegen Troppau und nach Preussisch-Schlesien hinüber. Zahlreich sind, von den Jodquellen von Hall in Oberösterreich angefangen, die Spuren verschiedener Dissociationsproducte des Meeres, und wo der Schlier selbst ohne Decke auf grössere Strecken zu Tage liegt, bildet er oft von weissen Efflorescenzen bedeckte, wasserdichte, nur Salzpflanzen ernährende Stellen, die sogenannten Nassgallen. Die eingeschwemmten Linsen von Kies in dem Hangendgebirge von Ostrau zeigen sich, wenn sie zuerst angefahren werden, erfüllt von leicht gesalzenem oder jodhältigem Wasser; dies ist z. B. die Grundlage des Jodbades zu Gotschalkowitz. In Schlesien mehren sich Gypslager und schwach gesalzene Quellen.

Betrachten wir nun den Rand des Gebirges.

Wo im Westen an der Salzach die I. Mediterranstufe verschwindet, schliesst sich der Schlier an den Saum der Flyschzone, und er zeigt sich an jenen wenigen Stellen, an welchen er eine Beobachtung gestattet, gefaltet und aufgerichtet. So zieht derselbe nach Osten fort. Bei Staats in Niederösterreich bildet er ein sichtbares Gewölbe zwischen der Linie der versunkenen Flyschzone und einem vorliegenden Riffe von Jurakalk. In der Gegend von Seelowitz in Mähren ist er so gut aufgeschlossen, dass Rzehak einzelne untergeordnete Glieder in demselben zu unterscheiden versuchen konnte.[74]

Nun überschreiten wir das bereits erwähnte Kohlengebiet von Ostrau und treffen endlich, dem Saume der Flyschzone folgend, zunächst das grosse Salzlager von Wieliczka, dessen Faltung bereits an früherer Stelle besprochen worden ist (S. 280). Pecten denudatus, Solenomya Doderleini und allerdings daneben auch viele andere Meeresthiere, welche in die Ablagerungen der zweiten Mediterranstufe aufsteigen, sind als Begleiter des Salzes bekannt. Die Salzablagerungen folgen durch ganz Galizien und die Bukowina in einer etwa 30 Kilom. breiten Zone dem Fusse des Gebirges und an mehr als zweihundert Stellen verräth sich der Salzgehalt durch Aufschlüsse oder Quellen.[75]

Dem Vorlande fehlen nicht die flach gelagerten Fortsetzungen dieser gefalteten Zone. Wie aus den Beobachtungen von Kontkiewicz hervorgeht, liegt nördlich von der Weichsel, in dem südöstlichen Theile des Königreiches Polen, über der Kreide eine Schichte von grauem Mergel mit Ostrea cochlear, Pecten cristatus und Pecten Coheni, und über dieser folgt Gyps. Diese Pecten- und gypsreiche Serie ist als das Aequivalent der karpathischen Salzzone zu betrachten.[76]

Dieselbe Schichtfolge zeigt sich nach Lomnicki sowohl bei Lemberg, als auch durch den ganzen mittleren Theil von Ostgalizien; Hilber's genaue Studien zeigen, dass unter dem Gyps Pecten denudatus und Pecten Coheni des Schlier mit einer Anzahl in die II. Stufe aufsteigender Arten liegen, und über dem Gyps ist die II. Mediterranstufe abgelagert.[77]

Die Salzzone der Karpathen setzt von der Südgrenze der Bukowina durch die Moldau fort[78] und noch nördlich von Ploesci

in der Wallachei liegt Steinsalz im Schlier an dem hier gegen Südost gewendeten Rande des Gebirges.[79] Westlich davon lehnen sich jüngere Schichten an den Südrand des Fogarascher Gebirges und die Salzzone ist verschwunden.[80]

Es erstreckt sich demnach die Zone von Meeresablagerungen, welche durch Dissociationsproducte verschiedener Art ausgezeichnet sind, von den Jodquellen von Hall durch ganz Niederösterreich und Mähren nach Schlesien und bildet eine gewaltige salzreiche Zone an dem ganzen Aussenrande der Karpathen bis in die Wallachei hinab. Im Flachlande entspricht dieser Zone im südwestlichen Polen und den benachbarten Theilen Galizien's der Gyps. Einige leicht kennbare Fossilien, wie Pecten denudatus und Pecten Coheni, welche nur aus dem Schlier bekannt sind, zeigen den Zusammenhang dieser flach gelagerten Schichten mit den gefalteten, subkarpathischen Salzschichten. Im Sandomirer Gebirge und westlich davon ist ein kleiner Theil der Nordgrenze dieser Ablagerungen erkennbar; im Osten kennt man das Ufer nicht; es mag wohl ein Flachufer auf der russischen Platte gewesen sein. —

Wir verlassen die Karpathen und kehren nochmals gegen Westen zurück.

Gegen das Ende des Zeitabschnittes, in welchem diese salzreichen Ablagerungen gebildet wurden, oder unmittelbar nach demselben sind an dem östlichen Rande der Alpen sehr grosse tektonische Ereignisse eingetreten. Um diese Zeit wurde, wie wir an früherer Stelle bemerkten (S. 178), durch das Einsinken des Verbindungsstückes zwischen Alpen und Karpathen die inneralpine Niederung von Wien gebildet und jene Strasse über das Alpensystem geschaffen, durch welche heute die Donau einen so grossen Theil der alpinen Wässer zum Schwarzen Meere führt. In derselben Zeit entstanden die beiden grossen Senkungsfelder von Landsee und Gratz, und der heutige Ostrand der Alpen bis zum Bachergebirge in Südsteiermark hinab. In diesem weiten Gebiete ist denn auch der Schlier nicht, oder doch noch nirgends mit voller Sicherheit bekannt. Die nächst jüngeren Bildungen sind es, welche sich hier dem Bruchrande anschliessen.

Dasselbe gilt nach R. Hörnes für den oberen Theil der Saveniederung.[81]

Südlich vom Bacher ist dagegen eine breite Zone ostwestlich streichender Falten vorhanden, welche weit ostwärts in die Niederung vortreten, und hier trifft man auch die I. Mediterranstufe und den Schlier.

Der Schlier ist in der weiten pannonischen Ebene gleichfalls zur Ablagerung gekommen. So hat auch in jenem grossen und merkwürdigen Profile der Tertiärablagerungen bei Zsibó, wo der Szamosfluss aus dem siebenbürgischen Kessel nach Ungarn herübertritt, K. Hofmann den Schlier mit Aturia Aturi den Meeresablagerungen der I. Stufe aufgelagert angetroffen.[82] Innerhalb des grossen Kessels aber sieht man eine mächtige, rings um den Fuss der einfassenden Gebirge hinlaufende Zone von Salz. An Hunderten von Orten verräth sie sich durch zu Tage stehendes Salz oder durch salzige Quellen, und die Spuren in der Mitte des Landes zeigen, dass diese Zone nur der Rand eines salzreichen Horizontes ist, welcher durch die Tiefe des ganzen transsylvanischen Kessels sich wie eine Schale fortsetzt.[83]

Höchst merkwürdig muss um jene Zeit die Beschaffenheit dieses Landstriches gewesen sein. Obwohl die Salzzone der Moldau an dem äusseren Gehänge der Karpathen gefaltet ist und auch die ähnlichen Bildungen im östlichen Siebenbürgen eine grosse Störung, Posepny's Salinarlinie von Parajd, erkennen lassen, hat doch bereits das Gebirge, wenn auch nicht in seiner heutigen Ausbildung, bestanden. Dies ergibt sich aus dem Umstande, dass ein Theil der karpathischen Eruptivgesteine älter ist als der Schlier. Dieses Gebirge war an beiden Seiten von einem Meere umflossen, in welchem grosse Salzmassen sich ablagerten. Innerhalb des Gebirges, an der Ost- und Nordseite des Kessels erhoben sich grosse Vulcane, und es sind einige Anzeichen vorhanden, welche eine Verbindung beider Salzmeere in der Richtung der Quellen des Altflusses und des Ojtospasses, also im südöstlichen Theile des Kessels vermuthen lassen.[84] —

Der Schlier erscheint in Oberitalien in einzelnen Schollen über den Schichten von Schio, welche der ersten Mediterranstufe angehören. In der Nähe von Turin überlagert er, südwärts geneigt,

die Schioschichten von Gasino und den Serpentinsand von Turin, welcher von einzelnen Beobachtern als dem Schlier selbst angehörig betrachtet wird. An dem südwärts gegenüber gelegenen Rande des Apennin und bis gegen Acqui und Serravalle heraus liegt abermals Schlier; hier ruht er unmittelbar auf dem Flysch wie in den Karpathen. Der Schlier bildet hier die ‚langhische‘ Stufe (étage Langhien) von Pareto und Ch. Meyer; Th. Fuchs hat auch hier die Uebereinstimmung sichergestellt. Aturia Aturi, Solenomya Doderleini und viele andere Formen des Schlier sind hier angetroffen worden, doch fehlen Gyps und Salz.[85]

Nun folgen die bereits genannten Vorkommnisse von Bologna. Bei Ancona liegt Schlier und andere Schollen folgen längs dem Aussenrande des Apennin.[86] In Sicilien ist der Schlier, welcher namentlich im südöstlichen Theile der Insel sehr ausgebreitet ist, von Cafici beschrieben worden; auch hier trifft man Aturia Aturi und Solenomya Doderleini; die II. Mediterranstufe überlagert denselben.[87] Durch ganz Italien sind diese Ablagerungen häufig begleitet von pteropodenreichen Schichten wie im nördlichen Mähren. Wie sie zwischen der I. und II. Mediterranstufe ihre Fortsetzung auf Malta und Gozzo finden, habe ich bereits erwähnt.

Der Schlier folgt daher dem Aussenrande des Apennin, wie er jenem der Karpathen folgt, und er greift auch flach gelagert über das Vorland, gegen Ancona, wie gegen das südöstliche Sicilien und gegen Malta. Um so bemerkenswerther ist der Umstand, dass mir bis heute kein sicherer Nachweis seines Vorkommens an der Westseite des Apennin, in den Einbrüchen des Gebirges bekannt ist, und es liegt hierin eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung mit den Ostalpen. Verlässt man aber die Region dieser Einbrüche, in deren nördlichstem sich westlich von Genua und bei Savona die III. Mediterranstufe hart an den Bruch schmiegt, so trifft man bei Vence, nordöstlich von Nizza, wieder den typischen Schlier mit Pecten denudatus u. s. w. Tournouër hat ihn richtig erkannt. Der Schlier lagert dort als ‚Molasse grise‘ auf der ‚Molasse jaune de Vence‘, welche Tournouër den Ablagerungen von Gauderndorf, also einem Gliede der I. Stufe, mit Recht gleichstellt. Diese Stelle gehört bereits dem westlichen Rande der Alpen

an und kann als ein äusserstes Glied der Ablagerungen der Rhônebucht angesehen werden.[88] —

So weit reichen zuverlässige Nachweise.

Es ist möglich zu erkennen, dass vom östlichen Bayern bis Schlesien und aussen rings um die Karpathen bis in die Wallachei, dann über einen grossen Theil Ungarns bis nach Siebenbürgen, durch einen Theil der Südalpen, bei Turin, dann rings um den äusseren Rand des Apennin bis Sicilien und Malta, endlich in dem südwestlichsten Theile der Alpen bei Vence eine eigenthümliche, fast immer graue und mergelige Meeresbildung sich zwischen die I. und II. Mediterranstufe einschaltet, welche durch fremdartige Merkmale sich von beiden unterscheidet. Ihre Fauna hat viele mit den höheren oder tieferen Meeresablagerungen übereinstimmende Arten, und dennoch ist das Gepräge ein so eigenthümliches, dass selten ein Zweifel über die Zugehörigkeit irgend einer Stelle bleibt. Wenn z. B. bei Ottnang in Oberösterreich der glatte Pecten denudatus mit Aturia Aturi in blaugrauem Mergel erscheint und derselbe Pecten in ähnlichem Mergel auf Malta oder bei Vence sich wiederholt, mahnt dies eher an die Gleichförmigkeit jurassischer Stockwerke, als an die Mannigfaltigkeit tertiärer Ablagerungen.

Die grossen Salzstöcke von Wieliczka und Bochnia, von Parajd, Déesakna, Thorda, von Maros-Ujvár, Vizakna und so viele andere, die jod- und zuweilen auch bromhältigen Heilquellen von Hall, Luhatschowitz, Darkau, Gotschalkowitz u. a., die Bitterbrunnen von Laa, Seelowitz u. a. stehen alle in dem versalzenen nördlichen Theile dieses Meeres, aber wir können die gleichzeitigen Sedimente desselben bis nach Südfrankreich und Malta erkennen.

Nun zeigt sich aber, dass in Lycien, wo wir bereits die I. und II. Mediterranstufe erkannt haben, der Schlier wahrscheinlich auch vorhanden ist. Herr Fuchs hat die Güte, mir mitzutheilen, dass unter den von F. v. Luschan auf dem Wege von Assa-Altü nach Kassaba, an dem Steilrande der Ebene von Kassaba, gesammelten Stücken auch solche mit den Merkmalen des Schlier erscheinen. In hartem, lichtgrauem Thonmergel, welcher durch Ueberhäufung mit Rhizopodenschalen ein griesartiges Aussehen erhält,

liegen zahlreiche Versteinerungen. ‚Die Beschaffenheit des Gesteins, sowie das häufige Vorkommen von Aturia Aturi sprechen für Schlier, mit welcher Voraussetzung auch die übrigen Fossilien sehr gut übereinstimmen, mit Ausnahme je eines grossen Exemplars von Conus extensus und Fasciolaria Tarbelliana, welche mehr für den Horizont von Grund oder Gainfahrn (II. Mediterranstufe) sprechen würden.‘[89]

Durch diesen Fund wird man zu der noch ungelösten Frage geführt, ob etwa die weiten Salzlager Persiens ebenfalls von dem Alter der karpathischen Salzablagerungen seien. Aus dem östlichen Kleinasien und aus Armenien zieht durch Azerbedjan eine tertiäre, der I. Mediterranstufe nachfolgende, salz- und gypsreiche Ablagerung gegen Südost und setzt sich durch das ganze nördliche Persien ostwärts am Rande der Wüste fort; sie reicht nach Chorassan weit hinein und nach vereinzelten Nachrichten dringt sie sogar bis Herat vor. Sie ist auch in einzelnen Theilen des südlichen Persien bekannt und bildet ferner einen zusammenhängenden Saum an dem westlichen Rande der gegen Südost streichenden Ketten des Zagros. Dieser Saum reicht aus Kurdistan durch das ganze Tigristhal hinab, und die Salzlager westlich von Shiraz, sowie jene der Inseln Kishm und Hormuzd fallen demselben zu. Dies ist die ‚Gypsiferous Series‘ von Loftus.[90]

Abich, welcher bereits vor längerer Zeit die Einheit dieser grossen mitteltertiären Salz- und Gypsablagerung behauptete,[91] erinnert in seiner Darstellung der Tertiärformation in Armenien und Azerbedjan an die Gajstufe, d. i. gypsreiche Stufe, welche im südlichen Sind in der mittleren Tertiärformation erscheint.

Dr. Wähner theilt mir mit, dass er auf der Reise von Kazwin nach Hamadan zuerst bei Hissar, nördlich vom Karaghangebirge, dann bei Käbutärchan, südlich von diesem Gebirge den petrefactenreichen Orbitoidenkalkstein, welcher die Basis der I. Mediterranstufe bildet, getroffen hat, und beide, etwa vier Tagereisen von einander entfernte Zonen bestehen aus gefalteten und aufgerichteten Schichten. Zwischen beiden Zonen liegt das ebenfalls steil gefaltete Salzgebirge.

Tietze, welcher sowohl die karpathischen, als auch die persischen Salzlager aus eigener Anschauung kennt, hält die letzteren

für jünger als die Ablagerungen der I. Mediterranstufe am Siakuh und für ungefähr gleich alt mit jenen der Karpathen.[92]

An den kaspischen Thoren, südöstlich von Teheran, und zwar zwischen dem Kuh i getsh (Gypsberg) und dem Kuh i nemek (Salzberg), dann in der Umgebung des Kuh i getsh gegen Hassanabad und gegen die Wüste hat derselbe um die Kenntniss des nördlichen Persien hochverdiente Geologe völlig losen gelben Sand getroffen, welcher dem Salz- und Gypsgebirge aufgelagert ist, grosse Austernschalen führt, und welcher als wahrscheinlich dem Alter des Leithakalkes, also der II. Stufe, entsprechend angesehen wird.

Diese Beobachtung halte ich aber für eine sehr entscheidende. Wie wir bald sehen werden, ist allerdings das Vordringen der II. Stufe auf das iranische Hochland durch sonstige Erfahrungen bisher noch nicht sichergestellt. —

So liefert uns der zwischen die Ablagerungen der I. und II. Mediterranstufe eingeschaltete Schlier das Bild eines grossen ersterbenden Meeres. Dieses Meer ist durch übereinstimmende Lagerung und organische Reste zu verfolgen von Vence bei Nizza bis in den südwestlichen Theil des Königreiches Polen, bis Malta und Gozzo und ziemlich sichere Spuren sind aus Lycien bekannt. Es umschliesst die karpathischen Salzbildungen und manche Anzeichen deuten dahin, dass es auch jene von Armenien und Azerbedjan, des iranischen Hochlandes bis Chorassan, ferner des Tigristhales und der Küste des persischen Meerbusens bis zu den Inseln Hormuzd und Kishm in sich begreift.

Die zweite Mediterranstufe. Das Ende der Salzperiode tritt heran. In dem von Gypskrystallen durchschwärmten oberen Theile des Schlier stellen sich in Niederösterreich Reste von Landpflanzen, namentlich vom Zimmtbaume, ein, dann folgen eigenthümliche Sandlagen, entweder die Vorboten einer neuen Meeresfauna, oder ein Gemenge dieser Fauna mit Landconchylien oder Spuren von Brackwasser enthaltend. Dies ist der Zeitpunkt, in welchem zum ersten Male jene cardienreichen Brackwasserfaunulae auftreten, deren Tracht man nicht unpassend als den ‚kaspischen Typus' bezeichnet.

Weiter gegen West, vom Randen bis Kirchberg a. d. Iller, auf dem Hochsträss bei Ulm und bis gegen Dillingen herab, also am Oberlaufe der Donau und ein klein wenig darüber hinaus bis in den Canton Schaffhausen, kennt man seit längerer Zeit eine Süsswasserbildung unter dem Namen der Kirchberger Schichten. Oncophora socialis, Unio Eseri, Cardium solitarium gehören zu den häufigsten Formen. Bei Ehingen liegen nach Sandberger diese Schichten unmittelbar auf der Meeresmolasse, folglich auf der I. Mediterranstufe, und werden von Süsswasserschichten mit Helix sylvana überlagert.

Man hat diesen Horizont in der Nähe der Donau noch nicht weiter stromabwärts zu verfolgen vermocht, aber er wiederholt sich, wie Rzehak gezeigt hat, in der Nähe von Brünn. Gerade dort, wo das Zwittawathal und mit demselben jener grosse Bruch die Ebene erreicht, welcher die Sudeten von der böhmischen Masse trennt, tritt eine Anhäufung von Sand hervor, welche die genannten Conchylien der Kirchberger Schichten enthält, und, von den ersten Spuren der neuen Meeresfauna begleitet, zwischen den Schlier und die nun folgenden, mannigfaltigen Sedimente der II. Mediterranstufe sich einschiebt.[93]

Unterdessen hat sich der neue Bruchrand der Ostalpen gebildet, von Wien durch Steiermark bis zum Bachergebirge hinab, aber es ist nicht das Meer, welches sofort die neuen Senkungen in Besitz nimmt, sondern es lagern sich zunächst Braunkohlenflötze an die Brüche, mit einer reichen Landflora und Landfauna, derselben, welche in der Schweiz in der oberen Süsswassermolasse und in der Kohle von Winterthur, im südlichen Frankreich in dem Süsswasserkalke von Sansans angetroffen wird. Dies ist die Stufe der Lignite von Pitten bei den österreichischen Geologen.

Es folgt ihnen nun das allenthalben hereintretende Meer. Die ersten Lagen, welche es absetzt, haben nicht selten brackische Beimengungen; Melanopsiden erscheinen stellenweise in Menge unter den Meeresconchylien. Diese tieferen Abtheilungen der II. Mediterranstufe, in welchen Pyrula cornuta und Cerithium lignitarum[94] zu den häufigsten Vorkommnissen gehören, hat man in neuester Zeit als ein selbständiges Glied ausgeschieden, und die ‚Schichten von Grund' genannt. Ich habe sie hier vorläufig,

und ohne hiemit ein bestimmtes Urtheil über die Abtrennung aussprechen zu wollen, zugleich mit den übrigen Meeresablagerungen der II. Stufe besprochen.

Wir beginnen an der atlantischen Küste.

Die II. Mediterranstufe greift in die Bucht der Garonne ein und ihr gehören, wie wir bereits sahen, dort die Faluns von Salles und Saubrigues an. Eine Süsswasserbildung trennt sie von der I. Stufe. Das Meer breitet sich in der Touraine übergreifend aus und bildet dort eine weite Bucht, in welche bisher mediterrane Bildungen nicht vorgedrungen waren.

Bei Lissabon erscheint dieselbe Stufe; Pereireia Gervaisi, ein sehr fremdartiger Gastropode, gehört ihr an. Die Ablagerungen begleiten die portugiesische Küste und treten in die Bucht des Guadalquivir; sie erscheinen dann an der mittelländischen Küste Spaniens bei Barcelona und an vielen anderen Punkten.

Sie fehlen nicht in Marokko, noch an den nordafrikanischen Küsten, noch auf Sardinien, Corsica und den Balearen. Sie dringen in die Rhônebucht vor und gehen in derselben nordwärts in litorale Ablagerungen mit Nassa Michaudi über, folgen aber nicht der I. Stufe in das Gebiet der Schweizer Alpen.

Sehr beachtenswerth ist die Art ihres Auftretens in Italien. Sie erscheinen nämlich in dem nördlichen Theile der inneren Senkungsfelder des Apennin, wo der Kalk von Rosignano dieser Stufe zufällt, während die südlicheren Einsturzgebiete von jüngerer Entstehung sind. Zugleich sind sie in reichlicher Entwicklung an dem äusseren Saume des Apennin vorhanden; dort werden sie die ‚tortonische Stufe‘ genannt und liegen auf dem Schlier, wie dies auch in Sicilien und auf Malta der Fall ist.

Diese Ablagerungen müssen auch tief in das Gebiet der heutigen Südalpen hineingereicht haben; in dem grossen Grabenbruche an der Südstirn der Cima d'Asta liegt am M. Civerone eine abgerissene verticale Scholle derselben mit Lignit, mit Cerithium lignitarum, Panopaea u. A. eingekeilt zwischen den Massen des Triaskalkes.

Sie treten nicht nur in Südsteiermark hart an den Bruch der Alpen, sondern dringen auch dort in die Alpen ein und erreichen, mit ihren bezeichnenden Conchylien erfüllt, das Lavantthal in den

Kärntner Alpen. Von dem Bruchrande der Alpen dehnen sie sich weit über die pannonische Ebene aus. In dem südwestlichen Theile dieser Ebene tritt die sonderbare Pereirea Gervaisi von Lissabon wieder auf.

Ebenso ist diese Stufe bei Belgrad bekannt; dort reicht sie in das Thal der Morawa; sie erscheint ferner innerhalb des Gebirges bei Bahna in der Nähe des Eisernen Thores, und an dem Fusse der blutgetränkten Hügel von Plewna taucht nach dieser Richtung die letzte bisher bekannte Spur dieser Ausbreitung des Mittelmeeres hervor.[95]

Aus dem pannonischen Becken dringt das Meer einerseits nach Siebenbürgen und andererseits durch die Lücken, welche das Leithagebirge von den Alpen im Süden und von den Karpathen im Norden trennt, in die junge alpine Niederung von Wien und zugleich über die Reste der Flyschzone in das ausseralpine Becken vor.

Bei Wien ist, so wie in Ungarn, die Mannigfaltigkeit der Ablagerungen, wie der Reichthum der Thierwelt erstaunlich. Der blaue Thon von Baden und Vöslau mit seinen Pleurotomen, Einzelkorallen und Pteropoden, der bivalvenreiche Sand von Pötzleinsdorf, die Kalkbänke, welche von Lithothamnien aufgebaut wurden, und zwischen ihnen die Mergel von Gainfahrn und Steinabrunn mit Ancillaria glandiformis und Venericardia Jouannetti, mit ihrer Mannigfaltigkeit von Conus, Cypraea, Voluta, Strombus und Cancellaria, die groben Strandconglomerate mit den grossen Clypeastroiden, Pectines und Austern, da und dort mit den Resten grosser Korallenstöcke, sie sind alle die Ablagerungen desselben Meeres und in demselben die Vertreter verschiedener Tiefenzonen. Dies wurde schon vor Jahren behauptet und von Th. Fuchs und F. Karrer durch mühsame Einzelstudien festgestellt.[96]

In dem alpinen Theile der Niederung von Wien tritt die II. Mediterranstufe als Umrandung auf und ist von jüngeren Schichten überlagert, welche die Mitte der Niederung einnehmen. Anders ist es ausserhalb des alpinen Theiles. Die Umrandung beschränkt sich dort fast ganz auf einzelne der Juraklippen und weder an dem Aussenrande der alpinen Flyschzone, noch an jenem der böhmischen Masse sieht man Anlagerungen von dem Alter dieser

Stufe. Sie ist durch einzelne blockförmige oder tafelförmige Massen vertreten, welche sich über dem Schlier aus der Ebene erheben, als Zeugen einer weitgehenden Abspülung. Ein solcher Block ist der Buchberg bei Mailberg. Es ist schwer, die westliche Ausbreitung des Meeres mit Bestimmtheit zu ermitteln; es ist jedoch sicher, dass solche Ablagerungen nicht einmal bis zur Donaupforte der Wachau bei Krems sichtbar sind, während, wie wir früher sahen, der Schlier bis über die bayrische Grenze, die I. Mediterranstufe aber rings um die Alpen bis in das Rhônethal reicht, wo sie etwa von Lyon an wieder von den aus Süden vordringenden Sedimenten der II. Stufe überlagert wird. Dies sind die ersten Spuren der nun mehr und mehr zur Geltung gelangenden und bis zum heutigen Tage so bedeutungsvollen hydrographischen Abscheidung des Donauthales von dem westlichen und südlichen Europa. —

Obwohl diese Ablagerungen, wie gesagt, sich dem äusseren Rande der böhmischen Masse nicht anschmiegen, und an diesem allenthalben nur der Schlier, die I. Stufe oder der nackte Fels sichtbar sind, dringen sie dennoch aus der Nähe von Brünn in einer tiefen Bucht bis nach Böhmen vor. Diese Bucht endet bei Wildenschwert, Abtsdorf und Böhmisch-Trübau; ihre Länge beträgt etwa 85 Kilom.[97]

Zwischen Brünn und Olmütz ist eine grössere Anzahl von blockförmigen Abwaschungsresten sichtbar, deren oberste Tafel, wo sie aus Lithothamnienkalk besteht, in sehr gleichförmiger Weise die Seehöhe von 350—355 M. zeigt. Bei Ruditz unweit von Brünn erreichen diese Ablagerungen jedoch 435 M. und gegen das Ende der grossen böhmischen Bucht bei Abtsdorf 429 M.[98] Ich habe aus zahlreichen Messungen die Ansicht gewonnen, dass der damalige Strand etwa 440—450 M. über dem heutigen Strande lag.

Nun überschreitet diese Stufe die europäische Wasserscheide, stets in Schollen dem Schlier aufgelagert und erscheint in der Nähe der Wasserscheide in 310 M.[99]

Sie breitet sich gegen Schlesien hin aus, erreicht jenseits der Weichsel, dem Gyps aufgelagert, den südwestlichen Theil des Königreiches Polen und es hat ohne Zweifel das Meer zu jener Zeit die gesammte Niederung Galiziens überfluthet. Die Nord-

und Ostgrenze dieser Ausdehnung des Meeres kennen wir nicht, doch gibt es da und dort im südlichen Russland kleine Reste seiner Ablagerungen, welche zeigen, dass es wenigstens durch einige Zeit weit über das Flachland hinspülte.

Diese Spuren sind durch grosse Entfernungen getrennt.

Die russische Tafel ist seit dem Schlusse der permischen Zeit zu wiederholten Malen vom Meere überfluthet worden.

Die erste Ueberfluthung dieser Art legte eine Anzahl von Stufen des mittleren und oberen Jura nieder, welche als der ‚Jura von Moskau' bekannt sind.

Die zweite Ueberfluthung trat zur Zeit der mittleren Kreide ein. Diese Transgression breitet sich nicht nur über die russische Tafel, sondern zugleich über ausserordentlich weite Flächen in allen fünf Welttheilen aus, und ist in ihrer Allgemeinheit eine der räthselhaftesten Erscheinungen an der Geschichte der Flötzgebirge.

Die dritte Ueberfluthung gehört, obwohl sie an einzelnen Stellen, namentlich in der Nähe des Aralsees,[100] von eocänen Ablagerungen begleitet zu sein scheint, doch der Hauptsache nach der oligocänen Zeit an und ist eine Fortsetzung jener grossen Transgression des oligocänen Meeres, welche das ganze nordöstliche Deutschland überdeckt. Die Nordgrenze, innerhalb welcher oligocäne Spuren bekannt sind, verläuft von den Ufern der Ostsee bei Königsberg gegen Thorn, dann gegen Kiew und Elisabethgrad. Man trifft oligocäne Conchylien von nordeuropäischem Charakter bei Achalzik in Imeretien und auch an den Ufern des Aralsees. Oligocäne Ablagerungen ziehen sich ferner an der Ostseite des Uralgebirges weit nach Norden und breiten sich ostwärts über die sibirische Ebene aus. Trautschold hat Fossilien dieses Alters aus dem Districte Kamyschloff angeführt, und von Karpinsky wurde die Ausbreitung derselben an den westlichen Zuflüssen des Tobol bis an die Tura unterhalb Werchoturie, also etwa bis in den 58.° nördl. Br. nachgewiesen.[101] Es ist überaus wahrscheinlich, dass das oligocäne Meer Nordeuropa's, dessen organische Reste sich in so auffallender Weise von der gleichzeitigen Fauna des Meeres in den Südalpen unterscheiden, auf diesem Wege mit den arktischen Regionen in Verbindung stand.

Die vierte bisher bekannte Transgression ist jene der II. Mediterranstufe. Sie kommt aus dem Westen über Galizien her. Die entferntesten, mit Genauigkeit bekannten Vorkommnisse dieser Stufe waren bis vor kurzer Zeit einige von Barbot de Marny geschilderte Schollen in der Nähe von Elisabethgrad im nördlichen Kherson; Buccinum miocenicum, Bucc. costulatum, Mitra scrobiculata, Turritella turris und andere bezeichnende Conchylien erscheinen dort.[102] Aber auch noch weiter gegen Ost, an der Nordseite der Halbinsel von Kertsch hatte vor Jahren Abich einige Anhaltspunkte für das Auftreten derselben gewonnen, und die von Andrussow hier angestellten Untersuchungen haben die erwünschte Klarheit gebracht. In der That liegt bei Tschokrak, an der Asow-schen Seite der Halbinsel, über blauem Thon ein Kalkstein mit einer Reihe von Conchylien der II. Mediterranstufe; bedeckt wird derselbe von den bald zu besprechenden sarmatischen Ablagerungen.[103]

Alle diese merkwürdigen mediterranen Reste bleiben aber in Bezug auf ihre Verbreitung ohne jeden sichtbaren Zusammenhang mit dem heutigen Umrisse des Pontus; sie liegen nordwärts von dem kaukasischen Gebirgsfragmente der Krim.

An dem Ufersaume des Schwarzen Meeres selbst, dann auch des Marmara- und des ägäischen Meeres, in dem ganzen mittleren Theile der Balkanhalbinsel und im westlichen Kleinasien ist die II. Mediterranstufe ebenso unbekannt, wie die I. Stufe. Sie erscheint aber südlich von dieser Region auf Cypern und Candia, sowie an der kleinasiatischen Küste. Dass die Fossilien von Hudh hieher gehören, habe ich bereits erwähnt. Nichtsdestoweniger mögen einige Zweifel darüber gestattet sein, ob die II. Mediterranstufe in der That so weit gegen Osten dringt, wie die I. Stufe und die Salzbildungen.

Manche Vorkommnisse, wie die von Tietze an den kaspischen Thoren über dem Salz getroffenen Sande mit Austern, lassen dasselbe allerdings als wahrscheinlich ansehen, doch mögen hierüber künftige Beobachtungen entscheiden.

Bleibt auch diese Frage unentschieden, so ist dafür die südliche Ausbreitung dieser Stufe durch einige merkwürdige Erfahrungen sichergestellt.

Ehrenberg hat zuerst in der libyschen Wüste, bei der Oase Siuah, das Vorkommen mitteltertiärer Meeresablagerungen erkannt, und durch Fraas ist der erste Nachweis ähnlicher Bildungen zwischen Kairo und Suez, sowie am Schaluf, an dem Schifffahrtscanale gegeben worden. Seitdem Zittel als Begleiter von Gerh. Rohlfs die libysche Wüste durchreiste, weiss man, dass diese Ablagerungen aus der Cyrenaica zur Oase Siuah ziehen, hier eine weite, etwa zu 100 M. Seehöhe sich erhebende Tafel bilden, welche südwärts mit steilem Schichtenkopfe endet, und dass diese Tafel und der steile Schichtenkopf von der Oase Siuah gegen Nordost sich fortsetzen. Das tiefste Glied bildet grünlicher Salzmergel mit Gyps und ein Wechsel von sandigem Grobkalk und grünem Mergel; dieser liegt auf Nummulitenkalk. Ueberlagert werden die marinen Mediterranschichten in der Oase Siuah von hartem Süsswasserkalk und Süsswasserquarz.[104]

Für die Kenntniss der Verbreitung dieser Schichten bei Suez sind insbesondere Beyrich's Mittheilungen von Bedeutung, welche sich auf G. Schweinfurth's Beobachtungen gründen. Hienach erscheinen diese Schichten nicht nur an dem Nordgehänge des Gebirges zwischen Kairo und Suez in der Nähe des Wadi Gjáffara, wo sie Fraas getroffen hatte und an dem nordöstlichen Gehänge des Gebel Genéf, wo sie von Th. Fuchs, gypshältigem Mergel aufgelagert, gefunden wurden, sondern sie ziehen sich zwischen G. Genéf und G. Atáka bei Suez und dem noch weiter südwärts gegen das Rothe Meer vortretenden G. Galála fort.[105] Ich lege aber Gewicht auf diesen Umstand. Die genannten Berge bestehen aus Kreidekalk und aus älteren Tertiärschichten, welche jedoch jünger sind als jene, denen in der Oase Siuah die Mediterranschichten concordant aufruhen. Während die früheren Funde durch Fraas und Fuchs nur an dem nördlichen Abhange dieser Berge das Vorkommen der mediterranen Sedimente erkennen liessen, sieht man dieselben nun SW. von Suez offen gegen das Gebiet des erythräischen Meeres vortreten, dessen heutige Fauna von der Mediterranfauna so sehr verschieden ist. Es hat daher ohne Zweifel seither an dieser Stelle das erythräische Gebiet einen Theil des alten Mediterrangebietes erobert, aber es darf nicht verschwiegen werden, dass trotz des sonst gleichförmig mediterranen Charakters

der genannten Ablagerungen ein vereinzelter Fremdling von indo-pacifischem Typus, Placuna miocenica Fuchs, in der Oase Siuah angetroffen worden ist. Diese Ablagerungen gehören nach Th. Fuchs dem Horizonte von Grund an, also dem tieferen Theile der II. Stufe.[106] Nach dieser aus paläontologischen Vergleichen hervorgegangenen Feststellung würde die Ueberfluthung des nordöstlichen Afrika beiläufig demselben Zeitabschnitte zufallen, in welchem das Meer zuerst die östlichen Bruchränder der Alpen bespült hat.

Der Unterschied zwischen dem neuen Umrisse des Mittelmeeres und jenem zur Zeit der I. Stufe ist also der folgende.

Die Verbindung im Norden der Alpen über das Juragebirge, die Schweizer und bayrischen Voralpen ist aufgehoben. Die andauernde Ausbreitung in der Richtung des Euphrat und Persien's ist aus den heutigen Erfahrungen nicht erweisbar. Dagegen findet neue Ausdehnung statt von der Loire gegen die Touraine, ferner in die nördlichen Senkungsfelder des Apennin, in die östlichen Senkungsfelder der Alpen, über den galizischen Schlier gegen den südlichen Theil der russischen Ebene bis gegen das Asow-sche Meer, endlich über die Cyrenaica gegen Suez.

Die sarmatischen Ablagerungen. Der zweiten Mittelmeerstufe folgt bei Wien eine Schichtenreihe, welche durch die Einförmigkeit ihrer Fauna in einem sonderbaren Gegensatze zu der II. Stufe steht, und diese Schichtenreihe mit ihrer armen und einförmigen Fauna setzt sich aus dem Donauthale ostwärts noch weit über jenes Gebiet hinaus fort, innerhalb dessen die II. Mittelmeerstufe bekannt ist. Sie breitet sich über einen beträchtlichen Theil von Südrussland aus, erscheint an den Ufern des Marmarameeres, des Schwarzen, Asow'schen und Kaspischen Meeres und erreicht den Aral-See. Alle diese ausgedehnten Gebiete waren damals von einem Wasserspiegel bedeckt, welcher von den östlichen Alpen bis über den Ust-Urt hinaus sich erstreckte. Diese Ausdehnung ist aber grösser als die Längenaxe des heutigen Mittelmeeres von der Strasse von Gibraltar zur syrischen Küste.

Barbot de Marny, welcher seine angestrengten und erfolgreichen Bemühungen um die Aufhellung der Vergangenheit der

pontischen und der aralo-kaspischen Niederungen seither erst mit seiner Gesundheit, dann mit dem Leben bezahlt hat, stand mir im Jahre 1866 mit freundlicher Belehrung zur Seite, als für diese Ablagerungen der selbständige Name der sarmatischen Stufe vorgeschlagen wurde. Schon damals wurde erkannt, dass die stellenweise diesen Ablagerungen eingeschwemmten Reste von landbewohnenden Säugthieren denselben Arten angehören, welche auch in den Uferbildungen der II. Mittelmeerstufe angetroffen werden, und dass sie älter und ganz verschieden von jenen sind, welche die III. Mittelmeerstufe zuweilen enthält, dass also die chronologische Gleichstellung mit der III. Mediterranstufe ein Irrthum wäre.[107]

In der sarmatischen Meeresfauna fällt zuerst das Fehlen nicht nur aller Pteropoden, Balanen, Brachiopoden, Echinoiden und Korallen, sondern auch aller irgendwie reicher ornamentirter Formen von Conchylien auf, insbesondere das Fehlen jeder Andeutung, die ein wärmeres Clima vermuthen liesse. Schon im Jahre 1866 wurden solche Arten von Conchylien unterschieden, welche als ein verarmter Rest der vorhergegangenen Mediterranbildungen in die sarmatischen Ablagerungen heraufreichen, und solche, die als neue Arten hinzutreten. Aber die ersteren beschränken sich, je nachdem man untergeordnete Unterschiede mehr oder minder stark zur Geltung bringt, auf 20—30 Arten, unter welchen jedoch keine einzige Art von Conus, Cypraea, Oliva, Tritonium, Strombus und der vielen anderen Gattungen sich befindet, welche den ‚wärmeren Habitus‘ der zweiten Mediterranstufe bekunden. Es sind kleinere Arten von Murex, Cerithium, Pleurotoma u. A. Hiezu tritt eine grosse Auster, welche von Einzelnen als eine selbständige Art, von Anderen als übereinstimmend mit der Ostr. Giengensis der Mediterranablagerungen angesehen wird.

Auch die neu hinzutretenden Arten sind nicht von wesentlich anderem Gepräge; Buccinum duplicatum, Mactra podolica, Tapes gregaria gehören zu den häufigsten unter ihnen. Eine grössere Mannigfaltigkeit neuer Gestalten entwickelt die Gruppe der Trochiden.

Was dieser Conchylienfauna an Verschiedenheit der Arten fehlt, ersetzt sie durch die oft staunenswerthe Anzahl von Individuen, welche mit Millionen von Gehäusen die Bänke erfüllen.

Im Jahre 1866 waren die mediterranen Schollen des südlichen Russland nicht bekannt und es herrschte noch ohne Widerspruch die Humboldt'sche Ansicht von einer verhältnissmässig späten Verbindung des Kaspi und des Aral mit dem arktischen Ocean. Es lag daher die Vermuthung nahe, dass die plötzliche und ausserordentliche Verarmung der Mediterranfauna bis auf einen geringen Rest, namentlich das Verschwinden aller Zeugen eines wärmeren Meeres, und das Erscheinen der neuen Formen mit der grossen östlichen Ausbreitung des Meeres und der Herstellung einer Verbindung mit nordischen Wässern zusammenhänge. Seither haben sich die Erfahrungen nach allen Richtungen erweitert; erfahrene Forscher, wie Fr. Schmidt, haben sich gegen eine arktische Verbindung zur sarmatischen Zeit ausgesprochen.[108] Zugleich tritt aber durch die fortschreitende Erkenntniss der Beziehungen des chinesischen Han-hai zu der turkestanischen Niederung diese Frage mit einer Reihe von anderen Fragen in Verbindung, welche erst an späterer Stelle erörtert werden können. Für diese spätere Erörterung ist das Nachfolgende von Bedeutung.

Th. Fuchs setzt voraus, das sarmatische Meer sei isolirt gewesen und habe einen etwas geringeren Salzgehalt besessen als der Ocean; zum Beweise wird die Aehnlichkeit der Gesammttracht, namentlich der Fauna, mit jener des heutigen Pontus betont.[109]

R. Hörnes sucht die Ursache der eigenthümlichen Armuth der Fauna in dem örtlich und zeitlich wechselnden Salzgehalte dieses Meeres.[110]

A. Bittner betrachtet das sarmatische Meer überhaupt nur als einen mediterranen Rest und die sarmatische Fauna bei Wien nur als einen verkümmerten und durch Isolirung und brackische Einflüsse degenerirten oder abgeänderten minimalen Bestandtheil der vorangegangenen Fauna.[111]

Diese drei Anschauungen vereinigen sich in der Voraussetzung, dass die Verbindung mit dem offenen Meere nicht hinreichend war, um ganz normale Verhältnisse innerhalb des allerdings sehr ausgedehnten Binnenmeeres aufrecht zu halten, und sobald jede Verbindung gegen Nord oder Ost ausser Betracht bleibt, erhält allerdings das ganze sarmatische Meer sammt seiner grossen

Transgression gegen den Aral wie gegen die untere Donau und das Marmarameer den untergeordneten Rang eines vom Mittelmeere abhängigen Meerestheiles. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass eine Anzahl von Arten ausserhalb des sarmatischen Meeres nicht bekannt ist, wie Mactra podolica, Tapes gregaria und andere der häufigsten Vorkommnisse.[112]

Ferner tauchen in den sarmatischen Sandablagerungen Bessarabiens und der Krim, wie den Darstellungen von Orbigny, Sinzow, Barbot de Marny u. A. zu entnehmen ist, ganze Reihen neuer Gestalten in den Gattungen Trochus, Phasianella, Turbo u. A. auf, welche niemals in mediterranen Wässern angetroffen worden sind.[113]

Dieser nicht unbeträchtliche Theil der sarmatischen Conchylienfauna wird vorläufig als autochthon anzusehen sein, und wir besässen in demselben das Beispiel einer eingeborenen und an ihrer Geburtsstätte haftenden Fauna in einem ausgedehnten Meerestheile.

Zu dieser Conchylienfauna, welche nach dieser Auffassung aus einem armen mediterranen Relicte und einer autochthonen Gruppe besteht, gesellt sich eine Anzahl von Fischen und eine unverhältnissmässig mannigfaltige Reihe von Seesäugthieren, welche zu den Phoken, Delphinen und den Walen gehören.[114] Diese Säugthiere erscheinen sowohl bei Wien, als in Bessarabien und der Krim.

Bei Wien treten sie hauptsächlich in dem blauen Thon auf, welcher die tieferen Theile der sarmatischen Sedimente bildet, und sie sind hier begleitet von Fluss-, Sumpf- und Landschildkröten, sowie von Landpflanzen (Daphnogene, Laurus, Cassia, Zapfen von Coniferen).[115]

Viele Merkmale in diesen Ablagerungen verrathen die Nähe eines Stromes, aber die zahlreichen Gypskrystalle in dem Thone deuten nach anderen Vorgängen, welche wir nicht zu verfolgen vermögen; andererseits zeigt das Erscheinen von Austernbänken normalen Salzgehalt an. In den sandigen Ablagerungen weist der Polymorphismus einzelner Zweischaler auf veränderliche Zustände, aber es gibt Orte, an denen im reinen Sand eine grössere Mannigfaltigkeit an Arten auftritt und keine Andeutung solcher abnormer Zustände sich geltend macht, wie z. B. in Wiesen westlich von Wiener-Neustadt und in Kischineff in Bessarabien.

Während die Mediterranfauna offenbar anderswo angedauert hat, und in ihr Hunderte von Thierarten sich bis zu dem heutigen Tage erhalten haben, sind alle autochthonen Arten des sarmatischen Meeres mit dem Ende dieses Meeres erloschen, und so tritt der eigenthümliche Umstand ein, dass diese sarmatische Fauna sich von der heutigen Mittelmeerfauna viel weiter entfernt als jene der I. und II. Mediterranstufe. Eine Altersbestimmung nach der Percentzahl lebender Formen würde, wie bereits gesagt worden ist, hier ein ganz irriges Ergebniss liefern, und es steht die Frage offen, ob die sarmatische Fauna auch nur eine einzige noch lebende Conchylienart umschliesst.

Auffallend und bisher noch nicht erklärt ist das vereinzelte Erscheinen einiger dieser Fauna sonst fremdartiger Conchylien, einer Haliotis und zweier Arten von Lima, in den sarmatischen Ablagerungen Galiziens.[116]

Die Verbreitung der sarmatischen Ablagerungen ist die folgende.

Dieselben treten westlich von Wien nur an wenigen Punkten ausserhalb des Randes der Alpen auf, und es sind mir keine sicheren Beweise dafür bekannt, dass sie im nördlichen Mähren die heutige Wasserscheide überschreiten, obwohl Kontkiewicz dieselben noch im südwestlichen Theile des Königreiches Polen angetroffen hat. Bei Wien sind sie in der Regel dem von der zweiten Mediterranstufe gebildeten Gehänge als eine etwas niedrigere Stufe angelagert und bilden dann einen neuen concentrischen Saum; zuweilen erscheinen sie aber auch als Decke auf derselben; so in dem Hügellande, welches südlich vom Leithagebirge Niederösterreich von Ungarn trennt. Die höchsten Ablagerungen dieser Art haben die Merkmale des Strandes und liegen in dieser Gegend bis 386 M. hoch auf der Kuppe des Marzer Kogelberges.

Sie setzen sich nun in die pannonische Ebene und bis Siebenbürgen fort, reichen in die Bucht von Gratz und nehmen südlich vom Bachergebirge Antheil an der Bildung jener von Ost nach West streichenden tertiären Falten, die bereits erwähnt worden sind. In dieser Gegend erscheinen sie als die Mitte langer und enger Synklinalen. Westwärts dringen sie in die Alpen bis Stein in Krain vor.[117] Sie erscheinen an einzelnen Stellen an dem nörd-

lichsten Saume der bosnischen Höhen, umsäumen die Fruska-Gora bei Peterwardein und sind im Banat vorhanden.

Die Schollen jüngerer Tertiärbildungen, welche im südlichen Banat in ungewöhnlichen Höhen angetroffen werden, deuten darauf hin, dass die Verbindung, welche einstens mit den Mediterranbildungen bei Plewna und den sarmatischen Ablagerungen der unteren Donau bestand, durch spätere Gebirgsbewegungen geschlossen worden ist.

Die sarmatische Stufe ist in der Wallachei und im nördlichen Bulgarien weit verbreitet. Sie lehnt sich an die Südseite des Fogarascher Gebirges und zieht von dort nordwärts durch die Moldau und Bessarabien in die Bukowina und nach Ostgalizien. An der unteren Donau bildet sie ferner nach Toula den Untergrund der Ebene zwischen dem Fusse des Balkan und dem Strome bis an den Isker;[118] sie setzt sich dann, bei Plewna der II. Mediterranstufe aufruhend, noch über Nikopoli fort, aber das Plateau zwischen Rustschuk und Varna besteht nach Hochstetter aus oberer Kreide, und dieser vermuthet, dass von Sistowa bis Tschernawoda die sarmatischen Ablagerungen fehlen.[119] Allerdings greifen sie aber von Raschowa gegen Küstendsche vor.[120] Obwohl der Balkan hier ihre südliche Grenze bildet, folgen sie doch dem Westrande des Schwarzen Meeres bei Baldtschik und Warna, von wo sie Spratt vor langer Zeit beschrieb.

Nun dringen sie in das Marmarameer, jedoch, wie Hochstetter gezeigt hat, nicht in die Niederung von Adrianopel vor; sie bilden den grössten Theil der Halbinsel von Gallipoli, zeigen sich in horizontaler Lagerung zu beiden Seiten der Dardanellen bis zu etwa 244 M. über dem Meere und liegen bei Constantinopel, wie bei Renkiöi unweit des Ruinenfeldes von Hissarlik, auf einer Süsswasserbildung mit Anodonta Hellespontica, Melanopsis buccinoidea u. A., welche von R. Hoernes und Neumayr übereinstimmend als ein tieferes Glied der sarmatischen Stufe selbst angesehen wird.[121]

Südlich von Troja sind jedoch die sarmatischen Schichten bis heute nicht weiter als etwa bis zu dem Vorgebirge bekannt, welches den Golf von Adramyti nordwärts abschliesst,[122] und weder Samothraki noch Chios, noch die ganze Westküste des Golfes von

Salonichi bis Euboea herab haben bisher eine sichere Spur solcher Ablagerungen geliefert. Nur gewisse limnische Ablagerungen, welche L. Burgerstein auf der Halbinsel Kassandra traf, mögen als ein Anhaltspunkt für die Vermuthung gelten, dass das sarmatische Meer, wenn auch mit geringerem Salzgehalte, sich bis dahin erstreckte.[123]

Wir kehren zum Pontus zurück.

An seinem südlichen Ufer kennt man noch keine Spur solcher Ablagerungen.[124] Von Norden her, aus dem südlichen Polen und aus Galizien, durch Podolien und Bessarabien, zieht sich dagegen die bereits erwähnte Zone sarmatischer Schichten herab, welche einerseits gegen die Wallachei, andererseits ostwärts gegen die russische Niederung ihre Fortsetzung findet. Diese Zone, welche im Norden der II. Mediterranstufe aufliegt, ist durch das Hervortreten einzelner echt mariner Typen, sowie durch eine grössere Mannigfaltigkeit der Fauna, sowohl an einzelnen Punkten in Galizien, als auch bei Kischineff in Bessarabien ausgezeichnet. Ihr gehört der lange, über 400 M. sich erhebende Hügelzug der Miodoboren (Honigwälder) an, welcher von Podkamien bei Brody bis über Kamieniec Podolski hinaus sich erstreckt und aus einem sarmatischen Bryozoenriff besteht; Pleuropora lapidosa hat diesen, sowie eine Anzahl kleinerer Züge in Podolien der Hauptsache nach aufgebaut.[125]

Von der bessarabischen Zone, welche bis über den unteren Dnjester herüberreicht, erstreckt sich nun ein sarmatischer Gürtel ostwärts über Stepanowka, Wossnesensk gegen Nikopol und nach Taurien, im Norden der Kreide und dem Granit aufgelagert, südwärts von dem jüngeren Steppenkalk bedeckt. Die sarmatischen Ablagerungen erscheinen in der Krim und ziehen ununterbrochen zum kaukasischen Isthmus; dort begleiten sie das Gebirge im Norden über Stawropol bis Derbent und im Süden sind sie im Flussgebiete des Rion und des Kur bekannt. Sie haben an den grossen Bewegungen des Hochgebirges theilgenommen und sind nach Abich's Beobachtungen am Schach-Dagh, nahe dem östlichen Ende des Kaukasus, zu der Höhe von 2330 M. emporgetragen.[126]

Sie folgen nun südwärts dem kaspischen Meere; Tietze hat sie an der Nordseite des Alburs bei Beschel am Ausgange des

Talarthales angetroffen.[127] Ostwärts vom Kaukasus nehmen sie theil an dem Aufbaue des Plateau's des Ust-Urt. Sie ragen mit horizontalen Rändern an der Ostseite dieses Plateau's hoch über den Wasserspiegel des Aral hervor, und haben gewiss dereinst die ganze Fläche dieses Binnensee's eingenommen, doch sind sie weiter im Osten noch nicht nachgewiesen. —

Das sarmatische Meer ist demnach eine weite bis über den heutigen Aral ausgedehnte Wasserfläche gewesen, welche westwärts im heutigen Donauthale in kleinere Becken abgetheilt war. Die Verbindung mit dem offenen Ocean ist wahrscheinlich keine ganz vollständige gewesen, doch hat sich offenbar, abgesehen von Vorgängen in der Nähe der Küsten, durch längere Zeit dieselbe Zusammensetzung des Wassers in diesem Binnenmeere erhalten. Auch die einzelnen westlichen Becken hatten dieselbe Beschaffenheit und communicirten daher offen mit dem grossen Binnenmeere.

Der grösste Theil des Pontus, wenigstens der ganze Nord, Ost und Westen, dann das Marmarameer und der Norden des ägäischen Meeres waren diesem Gewässer bereits zugänglich und es konnte im kaspischen Gebiete bis an den Fuss des Albrus gelangen. Die Beziehungen desselben zu den asiatischen Niederungen werden, wie gesagt, an späterer Stelle zu erwähnen sein.

Das sarmatische Gebiet liegt ganz ausserhalb des heutigen Mittelmeeres, sobald man dieses in einem engeren Sinne, d. i. mit Ausschluss des ägäischen und pontischen Meeres, begreifen will; die Stelle seiner Verbindung mit dem Mittelmeere ist nicht bekannt und die grösste Mannigfaltigkeit, sowie der am reinsten marine Typus der Fauna findet sich sonderbarer Weise in der galizisch-bessarabischen Zone. —

Die pontischen Ablagerungen. In den autochthonen Arten des sarmatischen Binnenmeeres trat uns die erste Anlage einer neuen Meeresfauna entgegen. Dieser Keim sollte nicht zu weiterer Entwicklung gelangen. Das Sinken der Strandlinie von der Meereshöhe der II. Mediterranstufe zu dem Niveau der sarmatischen Zeit ist nur der Vorläufer eines weit grösseren Herabsinkens gewesen. Wir sind in der That an dem Zeitpunkte der grössten Einengung des Mittelmeeres angelangt.

In dem Gebiete des Schwarzen Meeres liegt flach auf den sarmatischen Schichten eine Gruppe von Ablagerungen, welche in süssem oder nur leicht brackischem Wasser gebildet wurden und welche durch zahlreiche und eigenthümliche Cardien und durch Gattungen, wie Melanopsis, Valenciennesia, Congeria gekennzeichnet sind. Hieher gehört der Steppenkalk von Odessa. Dies ist die ältere aralo-kaspische Stufe von Murchison, welche man in neuerer Zeit die pontische oder wohl auch die pannonische Stufe zu nennen sich gewöhnt hat. Sie streckt sich gegen Ost in der Richtung des kaspischen Meeres, namentlich in der Manytschniederung aus,[128] dringt im Südwest in das Becken von Adrianopel und an die Westküste der Chalkidike und reicht gegen West tief in die Wallachei, gegen Nordwest bis gegen Czortkow in Galizien.

Aehnliche und gleichzeitige Ablagerungen erfüllen die pannonischen Niederungen und die Niederung von Wien.

Bei Wien beginnen die pontischen Ablagerungen an mehreren Orten mit einer harten Grenzschichte mit Congeria triangularis,[129] dann folgt mächtiger blauer Thon mit Sandlagen. Es schliesst hier die Serie mit einer rein fluviatilen Bildung, dem Belvedereschotter, welche von den archäischen Gebieten im Nordwest, also von Böhmen, herabkommt und als eine Lage von gelben Geschieben und von Sand sich über die Niederung breitet. Dieser Fluss hat unterhalb Krems ein grosses Delta aufgeschüttet, welches heute allerdings in Hügel aufgelöst ist.[130]

Die Lagerung der pontischen Schichten in diesem Gebiete ist eine eigenthümliche. In gewissen Gegenden, wie z. B. westlich vom Neusiedlersee, ruhen sie in Thälern, welche in die II. Mediterran- und die sarmatische Stufe eingegraben sind. Es muss daher ihrer Ablagerung eine vollständige Trockenlegung des Landes und die Erosion dieser Thäler durch strömendes Wasser vorangegangen sein. An anderen Punkten liegen sie bis zu nicht unbeträchtlichen Höhen wohl bis nahe an 300—350 M. flach auf der sarmatischen Stufe. So z. B. in der Nähe von Mödling bei Wien.[131]

Die Erklärung mag darin gefunden werden, dass nach der Trockenlegung und Ausfurchung des Landes ein allmäliges Ansteigen des See's eingetreten ist, bis zu der eben genannten

Höhe. Dann folgte, wie gesagt, der aus Böhmen kommende grosse Fluss.

Dieser See ist mit den anderen Seebecken der Donau bis zum Meere hinab in Verbindung gestanden, wie sich am deutlichsten aus dem Umstande ergibt, dass einzelne Seefische bis in die Gegend von Wien vordringen konnten.[132]

Die Spuren dieses ausserordentlichen Rückzuges des Meeres, durch welchen das ganze Donauthal und das ganze pontische Gebiet dem süssen oder brackischen Wasser überlassen wurden, sind auch in Italien bemerkbar.

Schon vor einer Reihe von Jahren hatte Capellini über den tortonischen Ablagerungen, also über der II. Mediterranstufe, die Reste einer pontischen Cardienfauna erkannt, und zahlreiche seitherige Arbeiten, wie insbesondere die Entdeckung derselben Fauna durch Cafici in Sicilien, haben zu folgenden Ergebnissen geführt.[133]

Aus dem nördlichen Toscana und aus der Mark Ancona, zu beiden Seiten des Apennin bei Reggio und bis nach Sicilien liegt über Schichten mit Ancillaria glandiformis und Cardita Jouannetti oder ihren Zeitäquivalenten eine Ablagerung von Tripel, welche unzählige Reste von Radiolarien und Diatomaceen und zugleich eine mannigfaltige Fauna von Fischen umschliesst. Diese Fauna, in welcher Bosniaski nahe an einhundert Arten von Fischen unterschieden hat, besteht nach diesem Forscher aus einem Gemenge von Gattungen der hohen See (Clupea, Gadus, Caranx, Rhombus) und zahlreichen kleinen Süsswasserfischen (Leuciscus). Der Gesammtcharakter der Fauna ist ein mediterraner, mit etwas nordischem Gepräge.[134]

In diesem Tripel sind ferner Conchylien aus Gattungen wie Syndosmya, Ervilia, Tapes, Cardium angetroffen worden, welche eine gewisse generische Annäherung an die sarmatische Fauna andeuten, wenn auch übereinstimmende Arten nicht mit Sicherheit nachgewiesen sind. Es meinte daher Capellini, in diesen Schichten wirklich die Vertreter der sarmatischen Stufe gefunden zu haben.

Einzelne Beobachter sahen in der Art des Sedimentes und dem Reichthume an Diatomaceen den Beweis, dass diese weit ausgebreitete Tripelablagerung in grösserer Wassertiefe abgelagert sei als die unterliegenden Schichten mit Cardita Jouannetti; Andere

vermutheten wegen der zahlreichen Süsswasserfische und des Charakters der Conchylien seichtes Wasser und Nähe des Ufers; wie dem auch sein mag, es ist doch seither sichergestellt, dass sich über dem Tripel nochmals normale Ablagerungen der II. Stufe mit Card. Jouannetti, Pecten aduncus u. A. einstellen. Es theilen daher Stöhr und Bosniaski nicht die Ansicht Capellini's, dass die sarmatische Stufe durch diesen Tripel vertreten sei, sondern sie sehen in demselben nur eine der II. Stufe eingeschaltete, allerdings durch ganz Italien verbreitete Lage.

Diesen höchsten, dem Tripel aufgelagerten Theilen der II. Stufe folgt nun allgemeines Sinken der Strandlinie; zu beiden Seiten des Apennin bilden sich Lagunen, in welchen Gyps zur Ablagerung kommt. Dieser gypsreiche Horizont lässt sich im Osten von Turin über Ancona gegen Reggio verfolgen; ebenso zieht er sich im Westen von Sarzano über Livorno und Volterra durch Toscana herab, erscheint im westlichen Calabrien wieder, geht von Reggio nach Sicilien über und findet dort grosse Ausbreitung. Die sicilischen Schwefelgruben gehören diesem Horizonte an, und der Schwefel ist durch Reduction des in den Lagunen abgelagerten Gypses entstanden. Auch zelliger Kalkstein ist an vielen Orten zur Ablagerung gelangt.

Diese Ablagerungen sind arm an organischen Resten; Lebias crassicauda erscheint in denselben. Dieser Gypshorizont und nicht der tiefer liegende Tripel wird von Bosniaski, und zwar wohl mit Recht, als das wahre Zeitäquivalent der sarmatischen Stufe angesehen.

Ueber diesem Gypshorizont liegen bei Livorno und an einigen anderen Orten in geringer Mächtigkeit weisse Mergel mit Melanopsis, Planorbis, Insecten, Süsswasserfischen und Fröschen. Diese Zeit ist nach demselben Beobachter die Phase des grössten Rückzuges des Meeres.

Es folgt als höchstes Glied dieser Schichtgruppe Sand, Mergel, Molasse, wohl auch noch etwas Gyps und zugleich die pontische Fauna mit Congerien und den eigenthümlichen Cardien des südrussischen Steppenkalkes. Auch dieser Horizont ist jetzt im Norden wie im Süden der Halbinsel bekannt. Dies ist der höhere Theil von Mayer's ‚Stufe von Messina‘ (Piano Messiniano bei

Seguenza); die Uebereinstimmung mit den pontischen Ablagerungen ist allgemein anerkannt.

Nun macht Bosniaski in seinen werthvollen Studien über diesen Gegenstand aufmerksam, dass in diesen pontischen Ablagerungen Spuren von Salzwasserfischen (Dentex, Raja) erscheinen, und folgert daraus, dass der Stand des Meeres ein höherer gewesen sei als während der Bildung der unmittelbar vorhergegangenen Süsswasserschichten.

Wir erinnern uns, dass westlich vom Neusiedlersee den pontischen Ablagerungen Erosion von Thälern vorangegangen war und wir daraus Trockenlegung des Landes zwischen der sarmatischen und der pontischen Zeit geschlossen hatten, und dass auch bis Wien einzelne Salzwasserfische vorgedrungen waren. Nun verlassen wir Italien und wenden uns dem Rhônethale zu.

Auch dort hat sich aus Fontanne's Studien ergeben, dass den pontischen Cardienschichten von Bollêne eine Austiefung von Thälern unmittelbar vorangegangen ist. Die Ablagerungen der II. Mediterranstufe sind ausgefurcht und die Cardienschichten liegen in den Furchen. Auch in Südfrankreich ist also ein ganz ausserordentliches Zurückweichen der Strandlinie vor den Cardienschichten bemerkbar.

Die pontische Stufe kennen wir nun als eine Ablagerung von süssem oder wenig brackischem Wasser vom kaspischen Meere bis in das Rhônethal. In dieser Gestalt bedeckt sie Südrussland, dringt sie in das Donauthal bis über Wien hinauf, überlagert sie zu beiden Seiten des Apennin und in Sicilien den Gyps, und liegt sie in der alten Erosionslinie des Rhônegebietes. Mit Recht bezeichnet sie Neumayr als eine ausgezeichnete Continentalepoche und betont derselbe, dass die marinen Aequivalente derselben überhaupt noch nicht bekannt seien, ja dass die Strandlinie der damaligen Zeit wahrscheinlich tiefer gelegen sei als die heutige.[135]

Wir nehmen nun wahr, dass das Maximum des Zurückweichens wahrscheinlich an die Grenze der sarmatischen und der pontischen Zeit fällt; die Erosionen an der Donau und im Rhônethale und die eingeschaltete Schicht mit Süsswasserfischen in Toscana deuten darauf hin.

In der Zeit dieses Maximums des Zurückweichens, in der Zeit, in welcher das Mittelmeer ostwärts wahrscheinlich nicht über Sardinien und Corsica hinausreicht, ändert sich die Landbevölkerung. An die Stelle der vorhergehenden Fauna mit Mastodon angustidens, Palaeomeryx, Listriodon u. A. tritt eine neue Fauna, welche Mast. longirostris, Hippotherium, Antilope und andere Formen enthält. Während man ziemlich viele Fälle kennt, in welchen Reste der vorhergegangenen Landfauna mit Mast. angustidens marinen Küstenbildungen eingeschwemmt sind und dasselbe auch von den der pontischen Zeit nachfolgenden Landfaunen gilt, hat sich noch nie ein Rest der Landfauna der pontischen Zeit in irgend welche Meeresbildungen eingeschwemmt gefunden. So weit war die Küste zurückgewichen.

Von dem Beginne der III. Mediterranstufe bis zur Gegenwart. Nach dem Schlusse der pontischen Phase breitet sich von Neuem das Meer aus und es bedeckt mit rein marinen Schichten einen grossen Theil des Gebietes der pontischen Ablagerungen. Die Fauna dieses Meeres nähert sich noch mehr als jene der I. und II. Stufe der heutigen Mediterranfauna. Zugleich mit dem neuen Vordringen des Meeres erscheint abermals eine neue Landbevölkerung. Dies ist der Beginn der III. Mediterranstufe.

Ausserordentlich grosse Veränderungen, deren Umrisse wir mit der Annäherung an den heutigen Tag immer deutlicher zu erkennen vermögen, liegen noch zwischen dieser Zeit und der Gegenwart. Aber durch diesen überaus langen Zeitraum scheint nie mehr die Abschliessung und Versalzung eines so grossen Meerestheiles eingetreten zu sein wie zwischen der I. und II. Stufe, und auch kein so weites Zurückweichen des Meeres wie zwischen der II. und III. Stufe. Die Mannigfaltigkeit der Vorkommnisse wird nun aber so gross, dass die Darstellung derselben eine sehr gedrängte werden muss.

Wir beginnen im Westen.

Die grosse Abwaschung, welcher die Bucht der Gironde nachträglich ausgesetzt war, scheint alle Spuren der III. Mediterranstufe aus derselben entfernt zu haben. Sie sind dagegen in jener des Guadalquivir wohl bekannt und leicht von jenen der II. Stufe

zu scheiden. Sie erscheinen an vielen Orten im westlichen Mittelmeere, sowohl an den nordafrikanischen Küstenländern, wie an den südlichen Rändern der iberischen Masse und des französischen Centralplateau's und greifen dann, den pontischen Cardienschichten aufgelagert, innerhalb der vor-pontischen Erosionsfurchen tief in das Rhônethal ein.

Sie umgeben beide Abhänge des Apennin, bilden im Norden die durch ihren Reichthum an organischen Resten ausgezeichneten Ablagerungen von Asti und von Siena und bedecken einen Theil Siciliens, fast allenthalben den pontischen Cardienschichten aufruhend. Eine Ausnahme scheint der nördlichste Theil der Bucht von Genua zu bilden, wo sie den älteren Felsarten der Alpen unmittelbar anhaften und junger Einbruch vorhanden zu sein scheint, und eine zweite Ausnahme trifft man an der Südspitze der Halbinsel. Dort hat Seguenza diese Ablagerungen, welche sonst in der Regel als ‚unteres Pliocän‘ bezeichnet werden, wegen ihrer eigenartigen Ausbildung mit dem Namen ‚Piano Zancleano‘ belegt und in werthvollen Untersuchungen dargethan, dass dieses Zancleano, über alle vorhergehenden Stufen, sowie über die aufgerichteten Köpfe weit älterer Bildungen übergreifend, an den Gehängen des Aspromonte bis zu der beträchtlichen Höhe von 1200 M. hinaufreicht.[136]

In der That sieht man von den Ufern des jonischen Meeres, etwa von Gerace, die weissen cubischen Schollen des aus mürbem Kalk, Sand und Bryozoënschichten zusammengesetzten mächtigen Zancleano, an das dunkle, ältere Gebirge geklebt, wie die Reste eines zerrissenen Mantels mit sehr leichtem Neigungswinkel an dem Gebirge nach aufwärts ziehen. Aber obwohl ich nur diesen tieferen Saum besucht habe, muss ich bemerken, dass es mir schwer fällt, die Bryozoënschichten von Gerace, welche eine so grosse Aehnlichkeit mit der in 20—35 Faden auftretenden ‚Corallinen-‘, d. i. Bryozoënzone des heutigen ägäischen Meeres besitzen, als eine in mehr als 1000 M. Tiefe gebildete Ablagerung anzusehen, wie es der Fall sein müsste, wenn die Lagen des Zancleano unter der heutigen Neigung gebildet wären. Es wird daher an dieser Stelle irgend eine späte Bewegung des Gebirges anzunehmen sein.[137]

Wir werden übrigens bald in demselben Gebiete noch jüngere Meeresablagerungen ebenfalls in bedeutenden Höhen antreffen. —

Obwohl nun die Zeitverhältnisse dieses Zancleano, wie gesagt, an beiden Abhängen des Apennin sichtbar sind, und obwohl sie namentlich an seinem nordöstlichen Gehänge eine beträchtliche Entwicklung erreichen, fehlen sie doch dem nördlichen Theile des adriatischen Meeres vollständig und es erscheinen im Innern der dalmatinischen Kalkberge Süsswasserbildungen von gleichem Alter. Tietze fand sie jedoch bei Dulcigno. An den jonischen Inseln sind sie sichtbar, wo Th. Fuchs sie in ziemlich gestörten Lagerungsverhältnissen antraf. Von hier nehmen sie Theil an einer grossen Umsäumung des Peloponnes mit jüngeren, flach gelagerten Meeresbildungen, deren tieferen Theil sie ausmachen.

Es ist nicht sicher, ob Ablagerungen dieses Alters die Inseln Cypern und Creta erreichen; an den Küsten des östlichen Afrika sind sie nicht bekannt; sie fehlen den cycladischen Inseln, dringen nicht in das ägäische, nicht in das pontische Gebiet und auch nicht in das Donauthal, welches letztere überhaupt keine marinen Reste zeigt, welche jünger wären als die sarmatische Stufe.

Die Ausbreitung des Meeres ist daher um diese Zeit gegen Nordost wie gegen Südost weit geringer gewesen als während der II. Mediterranstufe. Ein weiterer Beweis hiefür liegt in dem Umstande, dass aus dem Donauthale, insbesondere aus Slavonien, und in gleicher Weise an dem ägäischen Meere Süsswasserablagerungen bekannt sind, welche, wie Neumayr in seiner maassgebenden Monographie der Insel Kos gezeigt hat, von gleichem Alter wie diese Meeresablagerungen sind. Wir nennen sie, nach Hochstetter's Vorschlag, die levantinische Gruppe.

Diese levantinischen Ablagerungen mit ihrem grossen Reichthume an Paludinen verrathen das Vorhandensein einer Reihe grösserer und kleinerer Süsswassersee'n, deren Spuren bereits in Dalmatien, in Bosnien, in Nordgriechenland und Kleinasien bekannt sind und jährlich an neuen Punkten aufgefunden werden. Sie erreichen eine grosse Mächtigkeit im ägäischen Gebiete und ruhen dort auf weissem oder buntem Mergel, welcher vielleicht einer noch älteren Ansammlung von Süsswasser entspricht. Auf Kos

reichen sie bis 330 M. hoch, und die Reste der tieferen Theile liegen auf Imbros, Lemnos, Samos und anderen Inseln zerstreut. Sehr mächtig sind sie auf Euboea, und in Lokris, nahe dem höchsten Gipfel das Karyagebirges, traf Bittner tertiäre fluviatile Conglomerate, welche dieser Stufe angehören, noch 900 M. über dem Meere.[138] Es ist sogar möglich, dass die mächtigen tertiären Conglomerate des nördlichen Peloponnes hieher zu zählen sind, welche von Boblaye und Virlet an dem Ziriagebirge, südlich von Trikala, allerdings wie es scheint mit geneigten Schichten, bis zu 1500 M. verfolgt worden sind.[139] Sie greifen endlich in ihrer typischen Form als Paludinenschichten über die Cycladen, sogar bis Kreta hinaus.

Das steile Abbrechen der levantinischen Süsswasserbildungen gegen das Meer hat bereits vor vielen Jahren Spratt zu der Ansicht geführt, dass dieser ganze Theil des Mittelmeeres einem jungen Einbruche seine Entstehung zu danken habe, und die Reisen Neumayr's und seiner Arbeitsgenossen haben diese Ansicht vollkommen bestätigt. —

Abermals vollzieht sich eine grosse Veränderung; neue Meeresbildungen, die IV. Mediterranfauna, das Oberpliocän, erscheint. Das Meer umgibt wieder beide Abhänge des Apennin; bei Rom lagern sich die Meeressande des M. Mario auf die blauen Mergel des Vatican, welche in vieler Beziehung an den Schlier erinnern; in Calabrien liegen die gleichzeitigen Sedimente an den Abhängen des Zancleano und, nach Seguenza, in Furchen desselben. Sie bedecken einen grossen Theil Siciliens, erreichen nicht die dalmatinische Küste und der Saum, welchen sie rings um den Peloponnes ziehen, reicht ziemlich gleichförmig zur Höhe von 500 M. Sie dringen bis an den Cycladen vor und liegen, z. B. in Kos, auf den levantinischen Paludinenschichten. Doch erreichen auch sie weder das ägäische Gebiet, noch die ägyptische Küste.

Von dem Zeitpunkte des Eintrittes des Meeres über den Rand des levantinischen Süsswassergebietes nimmt aber die Mannigfaltigkeit der Vorkommnisse in solchem Maasse zu, dass ich mich begnügen muss, die Art der Besprechung abermals verändernd, an die Stelle chronologischer Uebersichten eine gedrängte Dar-

stellung vereinzelter Merkmale oder Ereignisse treten zu lassen. Die Punkte, welche ich kurz zu erörtern beabsichtige, sind: das vorübergehende Erscheinen arktischer Conchylien im Mittelmeere und die Bildung einzelner junger Einbrüche. Das vorübergehende Hereintreten des Rothen Meeres in das heutige Mittelmeergebiet, welches in Unterägypten bemerkbar ist, soll in dem nächstfolgenden Abschnitte besprochen werden.

Nordische Gäste im Mittelmeere. Durch alle Phasen der Geschichte des Mittelmeeres und insbesondere während jener grossen Einengung, welche dem Erscheinen der II. Stufe voranging, sowie jener noch grösseren, welche die Zeit der pontischen Süsswassersee'n eröffnete und begleitete, ist der atlantische Ocean jene Region gewesen, in welcher die Mediterranfauna in ihren bezeichnenden Arten fortgelebt und von wo aus sie die verlassenen Gebiete immer von Neuem wieder bevölkert hat. Dies ist die Bedeutung des vornehmlich westlichen Zuges der Verwandtschaften, welchen man von der I. Stufe bis zur Gegenwart antrifft.

Bereits vor geraumer Zeit, und bevor wir noch gelernt hatten, die I. von der II. Stufe zu trennen, konnte auf Grund der von M. Hörnes gegebenen Darstellungen der Tertiärconchylien von Wien gezeigt werden, dass unter denselben sich sehr bezeichnende Arten finden, welche heute an der senegambischen Küste fortleben, und die neueren Untersuchungen an den Cap-Verden und der westafrikanischen Küste haben diese Beispiele vermehrt.[140] Neben diesem sehr wichtigen Elemente schliessen die einzelnen Faunen aber andere Gruppen von verschiedenem Alter und verschiedener Herkunft ein, welche nur durch eine sorgfältige Analyse getrennt werden können.

Eine durch ihre Gründlichkeit ausgezeichnete Gliederung dieser Art hat R. Tournouër für die Conchylien der II. Mediterranstufe, wie sie zu Cabrières in der Rhônebucht auftritt, geliefert. Die unterschiedenen Gruppen sind: 1. eine geringe Anzahl von Arten, welche die Fortsetzung von alten Typen der europäischen Meere aus der oligocänen oder sogar der eocänen Zeit zu sein scheinen; 2. eine viel zahlreichere Gruppe von neuen und wichtigen Arten, welche die Mediterranfauna von der oligocänen

Fauna trennen, ihr das Gepräge geben und welche heute ihre Verwandten in fremden, wärmeren Wässern haben; 3. solche Arten, deren Verwandte weder in älteren europäischen, noch in heutigen wärmeren Wässern zu finden sind, sondern welche als neue Typen auftreten und welche zum Theile später wieder verschwinden, zum Theile aber sich fortpflanzend und weiter entwickelnd, den Grundstock der heutigen Mittelmeerfauna bilden.[141]

Man könnte wohl Tournouër's Grundgedanken kurz ausdrücken durch eine Scheidung in alte Autochthonen, in Verdrängte und in junge Autochthonen, welch' letztere aus sterilen und aus fertilen Typen bestehen würden. Die normale Annäherung an die Gegenwart könnte sich dann vollziehen durch das zunehmende Erlöschen der alten Autochthonen, durch die vorschreitende Verdrängung der zweiten Gruppe, durch das Verschwinden der sterilen jungen Typen, endlich durch die Vermehrung und das endliche Uebergewicht der fertilen jungen Typen. Aber in solcher Weise vollzieht sich dieser grosse Vorgang nicht.

Zunächst handelt es sich nicht um die Verdrängung der zweiten Gruppe allein; die ganze Meeresfauna wird vor dem Eintritte der pontischen Zeit aus einem sehr grossen Theile des Meeres verdrängt, das Meer selbst ausserordentlich eingeengt, die Binnenseeablagerungen breiten sich aus, und es handelt sich nun darum, welche Typen aus der zurückgedrängten Gesammtheit bei dem abermaligen Vordringen des Meeres die neuen Gestade zu erreichen und an denselben sich zu behaupten vermögen.

In der von Fontannes gelieferten Analyse der III. Mediterranfauna in der Rhônebucht zeigt sich nun das Zurückbleiben der südlichen Formen deutlich genug. Es umfasst diese Fauna 315 Arten in 143 Gattungen. Von diesen 143 Gattungen finden sich zwei in dem heutigen Mittelmeere nur in je 1 oder 2 kleinen Arten in beträchtlichen Tiefen vor; 2 Gattungen sind erloschen; 16 weitere Gattungen sind dem heutigen Mittelmeere fremd und leben, zum nicht geringen Theile in reicher Entfaltung, in den wärmeren Meeren der Gegenwart. Sie vertreten daher in der III. Stufe die Verwandtschaft mit den wärmeren Meeren des heutigen Tages. Aber alle diese 16 Gattungen sind schon in dieser Fauna mit einer einzigen Ausnahme nur durch eine sehr geringe

Artenzahl vertreten, gerade so wie im heutigen Mittelmeere der einzige Conus mediterraneus die zahlreichen und grossen Conusarten der früheren Mediterranfaunen als ein vereinzelter Epigone vertritt.[142]

Indem wir aber von der III. zur IV. Fauna, dem Oberpliocän, übergehen, begegnen wir einem ganz neuen und dem Mittelmeere bisher fremd gebliebenen Elemente, nämlich einer Reihe von nordischen Gästen. Zugleich treten die Vertreter wärmerer Meere noch mehr zurück.

Die muschelreichen Ablagerungen des M. Pellegrino und der Ficarazzi bei Palermo werden von einzelnen Autoren der IV. Fauna zugezählt, von Anderen für etwas jünger gehalten. Hier unterscheidet Monterosato 504 Arten von Meeresconchylien, und unter diesen 411 Arten, welche noch heute im Mittelmeere leben, 27 Arten, welche nicht heute im Mittelmeere, wohl aber im atlantischen und im nordatlantischen Ocean fortleben, und endlich 66 Arten, welche bis heute noch nicht im lebenden Zustande angetroffen worden sind. Unter den Arten der zweiten Gruppe finden sich aber solche, wie Buccinum Groenlandicum, Bucc. undatum, Trichotropis borealis, Panopaea Norvegica, Mya truncata, Cyprina Islandica u. A., welche heute für die kalten nordischen Meere bezeichnend sind.[143]

Das Erscheinen dieser Arten steht ohne Zweifel in ursachlichem Zusammenhange mit jenen Spuren grosser Kälte, welche an dem Schlusse der Tertiärzeit über einen grossen Theil der Erdoberfläche und insbesondere auch über das ganze europäische Festland hin bemerkbar sind. Die Verfolgung dieses Horizontes innerhalb der mediterranen Meeresablagerungen ist jedoch mit besonderen Schwierigkeiten verbunden und heute noch durchaus nicht gelungen, obwohl schon im Jahre 1844 Philippi aus dem südlichen Sicilien einige hochnordische Arten bekannt gemacht hatte.

Vergleichen wir nun mit der eben erwähnten Fauna aus der Nähe von Palermo P. Fischer's Analyse der Conchylienfauna von Rhodos, welche gleichfalls der IV. Fauna, dem Oberpliocän, zugerechnet wird. Von 312 Arten leben heute 246 noch im Mittelmeere fort; 58 Arten sind erloschen und nur 8 Arten erscheinen

als verdrängt. Von diesen letzteren leben heute 3 Arten an den westafrikanischen Küsten oder den Cap Verden, 1 in West- und Nordeuropa und 4 sind nordische Arten.[144]

In den Meeresablagerungen der Insel Kos, welche den levantinischen Süsswasserbildungen auflagern, sieht Neumayr beträchtliche Aehnlichkeit mit jenen von Rhodos und beide werden für gleich alt gehalten. Von 107 auf Kos gesammelten Arten finden sich 80 auf Rhodos wieder, aber die nordischen Gäste wurden wenigstens bisher auf Kos noch nicht angetroffen.[145]

Weit schwieriger ist die Deutung der Vorkommnisse des südlichen Calabrien. Seguenza unterscheidet dort einen Piano Siciliano, welchem discordant ein Piano Saariano auflagern soll, wobei die nordischen Arten von der unteren Stufe bis in den älteren Theil der nächstfolgenden, des Piano Saariano, reichen sollen.

Das Saariano inf. oder die ältere Quaternärbildung erreicht nach den Angaben dieses Beobachters oberhalb Reggio die Seehöhe von 830 M. und umfasst 497 Arten, unter diesen 300 Mollusken. Von diesen sind 9 nordische und nur 6—7 erloschene Arten.

Das Saariano sup. lehnt sich in geringerer Höhe, mit einer Strandlinie, welche etwa zu 250 M. gereicht haben mag, an die oben genannten Ablagerungen; es sind 515 Arten bekannt, unter diesen 310 Arten aus dem Saariano inf., doch fehlen die nordischen Arten. Unter den 309 Conchylien dieser Abtheilung findet man im Gegentheile neben der grossen Ueberzahl heutiger Mediterrantypen 8 Arten, welche in wärmeren Wässern fortleben.

Fasst man alle Gruppen wirbelloser Thiere ins Auge, so findet man 11 Arten aus wärmeren Meeren und von diesen leben heute 7 an der Westküste Afrika's und den canarischen oder Cap Verde-Inseln, und 4 im Rothen Meere oder anderen wärmeren Meeren. Es sind ferner 10—13 erloschene Conchylienarten in diesem Saariano sup. vorhanden, unter welchen sich jedoch einzelne aus der II. und III. Mediterranstufe wiedergekehrte Typen befinden.

Hieraus wird gefolgert, dass zur Zeit des höchsten Standes der Strandlinie die nordischen Arten noch im Mittelmeere verweilten, und dass bei sinkender Strandlinie dieselben verschwanden,

dabei aber nochmals vorübergehend einige Vertreter wärmerer Temperatur erschienen, bis bei noch weiter fortschreitender Annäherung des Strandes an das heutige Niveau der heutige Zustand der Meeresfauna sich herausbildete.[146]

Es gibt noch weitere Anzeichen für dieses vorübergehende Erscheinen einer geringen Anzahl wärmerer Typen in postglacialer Zeit. Es ist wahrscheinlich, dass in diese ganz junge Zeit die Meeresablagerungen von Tarent zu stellen sind, welche in der Nähe dieser Hafenstadt als eine kaum 12—16 M. über das Meer sich erhebende Platte erscheinen, sich jedoch von da einerseits auf das apulische Plateau und andererseits bis zu der kleinen Insel Pelagosa fortsetzen.[147]

Dort traf Kobelt unter 260 Arten mariner Conchylien nur 9—11 ganz, oder doch im Mittelmeere ausgestorbene und gar keine der nordischen Arten. Der Rest entspricht der heutigen Mittelmeerfauna.[148]

An nicht wenigen Orten sieht man das nordische Element nur durch eine einzige Art, Cyprina Islandica, vertreten, und dann erscheinen wohl zugleich alle anderen Gruppen, aus welchen im Laufe der Zeit die heutige Bevölkerung des Mittelmeeres gemengt worden ist. In den muschelreichen Schichten von Valle biaja sind nach von Stefani ergänzten Listen 253 Arten von Meeresconchylien bekannt; 209 derselben leben heute noch im Mittelmeere und von diesen verbreiten sich heute 115 bis an die grossbritannischen und norwegischen Küsten; diese letzteren bilden im Wesen das celtische Element der Fauna; 20 Arten sind heute erloschene Reste aus älteren Stufen; 2 Arten leben am Senegal fort, 1 in den Antillen; 1, Cyprina Islandica, vertritt allein das boreale Element.[149]

Da ich jedoch an späterer Stelle das bis in die historische Zeit reichende intermittirende Zurückweichen der Strandlinie im Mittelmeere noch ausführlicher zu besprechen habe, mögen diese Beispiele genügen.

Dieselben zeigen, bis zu welchem Grade die Zusammensetzung der heutigen Fauna des Mittelmeeres von der Vergangenheit dieses Meeres abhängig ist. Neuere Forscher, wie Jeffreys, haben gezeigt, dass die tiefere Mediterranfauna der Gegenwart eine ganz ausserordentliche Uebereinstimmung mit jener der

britischen Meere zeigt. Dies ist das celtische Element, welches, zum nicht geringen Theile zur glacialen Zeit hier erschienen, heute in den tieferen Regionen sich erhalten hat. In den höheren Zonen lebt das lusitanische und typisch-mediterrane Element und mit demselben trifft man da und dort einen Fremdling von besonders hohem Alter, wie das westindische Tritonium nobile an der sicilischen Ostküste.[150] Endlich fehlen auch nicht ganz die nordischen Reste, wie jener merkwürdige langschwänzige Krebs, Nephrops Norvegicus, welcher mit einer kleinen Anzahl anderer nordischer Arten nach Lorenz nur an den tiefsten Stellen des nördlichen und mittleren Quarnero erscheint und sonst dem ganzen Mittelmeere fehlt. An diesen Stellen ist er allerdings so häufig, dass er täglich in Körben nach Venedig, Triest und Fiume auf den Markt gebracht wird.[151]

Das allgemeine Ergebniss aus den bisherigen Untersuchungen scheint mir zu sein, dass seit dem Beginne der III. Stufe viele locale Ereignisse im Mittelmeere eingetreten sind, von welchen das grösste sogleich zu besprechen sein wird, dass viele Schwankungen der Strandlinie seither eingetreten sind, dass aber das Meer niemals mehr so grosse vorübergehende Einengung erlitt, wie unmittelbar vor der III. Stufe.

In diesem Meere mit schwankender Strandlinie ist nun zuerst die III. Fauna erschienen, später erschienen die nordischen Gäste, noch später, bei mildem Klima erschienen wieder einige wärmere Elemente. Das Klima und auch der Stand der Strandlinie näherten sich mehr und mehr dem heutigen Zustande und von jeder der früheren Einwanderungen ist wenigstens irgend eine Spur in der heutigen Fauna zurückgeblieben.

Es ist daher ausserordentlich schwer, bei dem heutigen Zustande unserer Kenntnisse schärfere Grenzen innerhalb der geraumen Serie von Ablagerungen zu ziehen, welche uns von dem Beginne der III. Fauna trennt, obwohl manche grosse Veränderung innerhalb dieses grossen Zeitraumes leicht erkennbar ist.[152]

Für die hier zu verfolgende Richtung der Untersuchungen ist nichtsdestoweniger das Erscheinen der nordischen Gäste von ganz besonderer Bedeutung. Die tektonischen Veränderungen des Mittelmeerbeckens sind bei all' ihrer Grossartigkeit doch nur als

locale Vorfälle aufzufassen. Das Erscheinen der nordischen Formen ist ein aus allgemeinen Ursachen hervorgegangenes, von diesen localen Ereignissen ganz unabhängiges Phänomen, und darum trotz aller Unsicherheit in den Einzelnheiten, welche der heutige unvollständige Zustand der Beobachtung bedingt, ein höchst werthvoller Anhaltspunkt für die Chronologie der tektonischen Vorgänge.

Die letzten Einbrüche. Es ist eine sehr auffallende Thatsache, dass die jüngeren, abgestuften Meeresablagerungen, welche soeben besprochen wurden, gewissen Theilen des heutigen Mittelmeeres gänzlich oder mit Ausnahme der niedrigsten und daher jüngsten Stufen, und zwar unter solchen Nebenumständen fehlen, welche die Jugend dieser Meerestheile zu erkennen gestatten.

Das grösste Beispiel der Hinzufügung eines neuen Meerestheiles in jüngster Zeit ist das ägäische Meer mit dem Pontus. In Südrussland reicht, wie wir sahen, das tongrische Meer vom Samlande her ostwärts über die ganze Niederung bis an die Ostseite des Ural. Dann folgt nach langer Unterbrechung die zweite Mediterranstufe, welche wir von Galizien her bis Elisabethgrad und bis gegen Kertsch verfolgen konnten, ohne jedoch, was nicht zu übersehen ist, eine directe Verbindung mit dem heutigen Mittelmeerbecken zu erkennen. Hierauf deckt die sarmatische Stufe das ganze Gebiet weit gegen den Aral. Es folgt nun die pontische Stufe mit dem Steppenkalke, die Zeit der grossen Einengung des Mittelmeeres. Aber während im Westen, z. B. in Italien, der pontischen Stufe die III. und IV. Mediterranstufe nachfolgen, ist dies im Gebiete des Schwarzen Meeres nicht der Fall. Dieses Gebiet bleibt im Gegentheile durch lange Zeit dem Mittelmeere verschlossen.

Eigenthümlich gestalten sich die Dinge im ägäischen Gebiete. Weder die I. noch die II. Mediterranstufe haben dasselbe bedeckt. Die sarmatische und pontische Stufe erreichen vom Norden her die Troas; die letztere erreicht auch die Chalkidike. Während der III. Mediterranstufe liegt hier ein tiefer Süsswassersee, ein Theil jener levantinischen Seenkette, welche aus Slavonien bis nach Kleinasien reicht. Erst im Süden davon liegt das Mittelmeer.

Bis zu dieser Zeit war also hier das heutige Europa mit Asien stets durch ein breites Stück festen Landes verbunden

Die Vorgänge, welche nun folgen, hat uns Neumayr klargelegt.[153]

Zuerst bricht der südliche Theil dieses Festlandes ein und die IV. Mediterranstufe tritt über Milos, Rhodos und den östlichen Theil von Kos herein; sie legt dort Meeresablagerungen auf die levantinischen Süsswasserbildungen. Dies ist wahrscheinlich die Zeit der Bildung jener grossen Bruchzone, welche durch die cycladische Vulcanenlinie von Nisyros, Santorin, Milos, Poros, Methana und Aegina bezeichnet wird, und auf welcher die Erderschütterungen und vulcanischen Ausbrüche bis zu dem heutigen Tage andauern. Ihre Fortsetzung scheint im Golf von Korinth zu liegen und nach den von Th. Fuchs auf dem Isthmus angetroffenen Lagerungsverhältnissen besitzt sie dort die Merkmale einer grossen Grabenverwerfung.[154]

Sehr spät endlich bricht das ägäische Festland ganz zur Tiefe; mächtige abgebrochene levantinische Süsswasserablagerungen bezeichnen die neue Küste; das Mittelmeer dringt vor, weithin legt sich dasselbe in das pontische Bett, im Asow'schen Meere noch über den sonst ziemlich regelmässigen Umriss desselben hinausspülend.

Eine neue Ordnung ist eingetreten; wo hohes Gebirge war, ist nun tiefes Meer entstanden, an vielen Orten Tausende von Fussen tief, und zwar erst in ganz junger, jedenfalls in postglacialer Zeit. Vielleicht war sogar der Mensch bereits Zeuge dieser Ereignisse. In den Dardanellen und bei Gallipoli treten allerdings Mediterranbildungen auf, aber sie reichen nicht mehr als 40 Fuss über den heutigen Meeresspiegel, enthalten keine nordische und nur eine erloschene, sonst durchwegs heutige mediterrane Conchylien, und bei Gallipoli wurde ein Feuersteinmesser gefunden, welches aus diesen Bänken stammen soll.[155] Das Donauthal, welches durch so lange Zeit ein Glied bildete in der grossen Kette südrussischer und innerasiatischer Niederungen, ist jetzt erst durch einen Theil des Mittelmeeres von ihnen getrennt. Westlich vom heutigen Pontus liegt offener Abfluss der Ströme und Leben; östlich von demselben fehlt der Abfluss und stockt das Leben.

In diesem grossen abflusslosen Gebiete liegt als der wahre Erbe des alten pontischen Brackwassersee's das kaspische Meer, welchem das über den ägäischen Einbruch vorgedrungene Mittelmeer seinen grossen Zufluss, die Donau, entrissen hat. Schon im Jahre 1865, lange bevor diese Umstände bekannt waren, drückte Filippi sein Erstaunen aus über das danubische Gepräge der kaspischen Fischfauna und es zog dieser denkende Beobachter aus der Fauna des Kaspi damals schon den Schluss, wer die physische Geschichte dieses Meeres verfolgen wolle, werde seine Aufmerksamkeit mehr der Donau als dem benachbarten Euxinus zuzuwenden haben.[156]

Die heutige Oberfläche des Kaspi liegt bekanntlich 26 M. unter jener des Schwarzen Meeres.[157] Ablagerungen des Kaspi, welche durch die heutigen Conchylien bezeichnet sind, dehnen sich bis an den Uil, den Eltonsee und bis Tzaritzin, nach Stuckenberg sogar bis in die Gegend zwischen Stawropol und Simbirsk an der Wolga aus. Es hat Möller aus Danilewsky's Aufsammlungen gezeigt, dass sie in der Niederung des Manytsch westwärts sogar bis an den Metschetnoy-Liman, gegenüber Orlow Simownik, nur 140—150 Kilom. vom Asow'schen Meere, gelangen. Im Gebiete des Manytsch selbst aber liegen flach übereinander sarmatische, pontische und kaspische Schichten.[158]

Aus Konschin's Bericht über die Steppe Kara-Kum erfahren wir, dass der östliche Theil derselben junge conchylienführende aralokaspische Ablagerungen zeigt, während der östliche Theil von höherem Alter ist.[159]

Fügt man diese neueren Beobachtungen an die älteren Erfahrungen und ganz insbesondere an v. Helmersen's meisterhaftes im Jahre 1879 veröffentlichtes Gesammtbild dieser Region, so ergibt sich das Folgende:[160]

Der Kaspi besteht aus einer nördlichen seichten und einer südlichen Hälfte, in welcher Tiefen von 1000 M. erreicht werden, und welche, wie Abich gezeigt hat, auf einer vielleicht heute noch andauernden Senkung der quer über den Kaspi streichenden kaukasischen Kette liegt. Die Verbindung mit dem Aral hat in neuerer Zeit, das ist seit dem Bestande der heutigen Conchylienfauna, nur im Süden über den westlichen Theil der Kara-Kum bestanden,

so dass auch zur Zeit der grössten Ausdehnung ein Doppelsee mit zwei wohlgetrennten Theilen vorhanden war. Die Trennung wurde herbeigeführt durch die Tafel des Ust-Urt, welche im Anschlusse an die Mugodjarberge die kaspische von der aralischen Niederung schied.

Um diese grosse mittlere Masse dehnte sich nun der aralokaspische Doppelsee in solcher Weise aus, dass er im Norden mit seiner westlichen Hälfte ein Stück der unteren Wolga und im Westen die Niederung des Manytsch, letztere sogar bis an das Asow'sche Meer bedeckte. Der weitere Umriss war durch die kaukasischen Abhänge vorgezeichnet. Ferner zweigte an der Bucht von Krasnowodsk ein Arm ab, welcher sich auf der westlichen Kara-Kum erweiterte und nordwärts durch den südlichen Rand des Ust-Urt begrenzt war. Er umfasste gegen Nord den ganzen Aral; da aber dieser See heute bekanntlich 48·5 M. über dem schwarzen und 71·1 M. über dem kaspischen Meere liegt, zeigt es sich, dass sein Wasserstand nach der Abtrennung ganz und gar unabhängig geworden ist von jenem des Kaspi. Aber auch über den heutigen Umriss hinaus kennt man die Spuren grösserer Ausdehnung, z. B. bei Mali-basch am Syr-Daria, und Helmersen anerkennt im Süden den Nachweis eines um etwa 20 M. höheren Standes.

Werfen wir nach diesen Erfahrungen über die Geschichte der pontischen Region einen Blick auf den mexicanischen Golf (s. Fig. 37). Flach gelagerte Tertiärschichten umlagern den Norden des Golfes (t_1); die Anlagerung von Meeresbildungen schreitet an der atlantischen Küste ungestört fort (t_2), aber diese treten nicht in den Golf ein; dort entsteht die Binnensee-Ablagerung der Grand-Gulf-Series (*gg*). Später allerdings tritt der atlantische Ocean wieder in den Golf, und nun legt er die marinen Port-Hudson-Schichten gerade ebenso auf die Grand-Gulf-Series, wie in jüngster Zeit das Mittelmeer seine Sedimente auf die Ablagerungen des alten pontischen Binnensee's legt.

Wir kehren zum Mittelmeere zurück.

Ein gutes Beispiel des Einsinkens einer grösseren Fläche bildet hier die Insel Malta, von welcher bereits gesagt worden ist, dass sie aus Ablagerungen der I. Mediterranstufe, des Schlier und der II. Stufe besteht.

Die Lagerung ist flach, doch sind Brüche vorhanden, welche nach Hutton und Leith Adams[161] folgenden Verlauf zeigen: Eine Hauptverwerfung zieht, durch eine Reihe steiler Abstürze bezeichnet, quer über Malta von der Fomm-er-Rih-Bucht gegen Nordost zur Maddalena-Bucht. Der nordwestliche Theil ist um ein Beträchtliches, nach Hutton bei Fomm-er-Rih um 350 (engl.)



Fig. 39. Die Graben-Versenkung von Malta und Gozzo (nach dem Earl of Ducie, Hutton und Leith Adams).

Fuss, und an dem andern Ende um 270 Fuss gesenkt. Zwei nach derselben Richtung verlaufende Verwerfungen fassen die S. Paul's-Bucht ein; S. Paul's-Bucht sammt dem landeinwärts sich erstreckenden Thale ist ein gesenkter Graben. Der folgende Rücken, welcher sich in die Insel Salmunet fortsetzt, ist ein untergeordneter Horst; auf diesen Rücken bezieht sich die Schilderung der Apostelgeschichte XXVII, 41, von dem Orte, welcher an beiden Seiten das Meer hat und an welchem der Apostel Schiffbruch litt. Melleha-Bucht ist abermals ein gesenkter Graben; aber diese Gräben selbst

bilden nur Theile einer grossen Grabensenkung, welche den ganzen Raum zwischen dem Bruche von Fomm-er-Rih und einer Verwerfung auf Gozzo einnimmt. Diese läuft von der Schlucht Migiar-Scini gegen Nordost zum Râs-el-Kala.

Ein weiterer grosser Bruch, die Malak-Verwerfung, begleitet den Südrand von Malta; der Betrag der Senkung ist auch 350 Fuss; er steigt durch das Hinzutreten eines zweiten, untergeordneten



Fig. 40. Ansicht des Malakbruches an der Südseite der Insel Malta (nach Capt. Goff in Leith-Adams).

Die Wände *I, I* gehören den Kalkbänken unter dem Schlier (Inf. limestone) an; der Schlier ist nicht sichtbar; die II. Mediterranstufe (Sup. limestone) liegt mit aufgeschleppten Schichtköpfen in der Tiefe; V—V Bruchfläche; im Hintergrunde die kleine Insel Filflah. *1, 2, 3* Höhlen und Spalten mit Hippopotamus, Elephas, Myoxus u. A.; *4* Schutt aus Höhle *1*; *5* Breccie mit Elephantenresten.

Bruches auf 550 Fuss; nicht allzuweit ausserhalb des Ufers ist das Meer 500 Faden tief.

So ist die Tafel zur Tiefe gegangen; die Insel Comino und die Strasse von Frioul liegen in dem Graben; Malta und Gozzo sind Fragmente von Horsten. Spratt, welcher sich so hervorragende Verdienste um die Aufhellung der physischen Geschichte des Mittelmeeres erworben hat, meinte sogar, die stürmische Einfüllung der Reste von Landthieren in die dem Bruche von Malak

benachbarten Spalten und Höhlen sei durch eine seïsmische Fluth herbeigeführt worden.[162]

Die Einsenkung des nördlichen adriatischen Meeres und der Zusammenhang dieser Senkung mit dem Bruchfelde der Südalpen ist bereits S. 345 besprochen worden. Jene mannigfaltige Reihe von tertiären Meeresbildungen, welche an dem östlichen Gehänge des Apennin sichtbar ist, fehlt der dalmatinischen Küstenstrecke bis Dulcigno hinab vollständig. Die Platte von Meeresbildungen, welche von Tarent aus ihre letzte Spur auf Pelagosa zeigt, ist, wie wir sahen, wahrscheinlich von postglacialem Alter und die ganze Meeresstrecke nördlich von der Inselkette Lagosta — Pelagosa — Tremiti ist noch jünger als diese postglaciale Platte.

Im tyrrhenischen Meere trafen wir ähnliche Anzeichen. Zwar ist ein Theil des Einbruches des westlichen Apennin, und insbesondere der im nördlichen Toscana gelegene, nach der Verbreitung der zweiten Mediterranstufe zu urtheilen, beiläufig vom selben Alter wie der östliche Einbruch der Alpen, aber andere Strecken sind weit jünger und die Bewegungen dauern auch hier bis in die heutigen Tage (S. 110). Alle auf das tyrrhenische Meer, dann auf Sardinien und Corsica bezüglichen Beobachtungen hat erst kürzlich Forsyth-Major vereinigt. Auf dem Inselchen Pianosa erscheinen Hirschreste, ebenso auf Giannutri, welches nur etwa 200 Hektaren misst, Reste vom Hirsch und einem grösseren Wiederkäuer; viele ähnliche Reste kennt man von Elba. Von den sechzehn auf Corsica und Sardinien lebenden Säugthieren (ohne die Fledermäuse und einige kleine Insectivoren) finden sich nach diesen Angaben sieben nicht auf der italienischen Halbinsel, während alle diese sieben Arten aus Algier angeführt werden. Es ist eben ein in jüngster Zeit zerstücktes Land, wenn auch der Zusammenhang der Theile dermalen nicht vollständig ermittelt werden mag.[163]

In der kleinen Syrte bildet eine junge Ablagerung von sandigem Lehm mit Bänken und losen Krystallen von Gyps, den Kreidekalk überlagernd, auf weite Strecken den Boden. Sie enthält nur Zonites candidissimus und andere noch lebende Landschnecken und bildet landeinwärts beide Abhänge der Sebcha-el-

Fedjadj. Es ist dies sicher keine Meeresbildung; dennoch taucht sie unter das Meer hinab und bildet im Angesichte von Sfax die Inselgruppe Kerkena.[164]

Ebenso besteht Formentera, im Gegensatze zu den übrigen Balearen, aus einer jungen Landbildung.[165]

Auf Kreta erscheinen in jungen Ablagerungen zahlreiche Reste von Hippopotamus; nicht nur auf Malta, sondern auch auf Sicilien und in den Höhen und Spalten des Felsens von Gibraltar liegen die Spuren grosser Landthiere. Man kann bemerken, dass Hyaena spelaea, welche in England so häufig in Höhlen auftritt, und auch den mitteleuropäischen Höhlen nicht fehlt, bei Mentone in Begleitung von menschlichen Resten, auf Gibraltar mit afrikanischen Thierformen erscheint, und thatsächlich nicht mit der gestreiften Hyäne (H. striata) des heutigen Nordafrika übereinstimmt, welche aus Asien gekommen zu sein scheint, sondern mit der gefleckten Hyäne (H. crocuta) des Südens. Der Schakal lebt, wie bereits gesagt worden ist, heute noch auf einzelnen Inseln Dalmatiens. Das Stachelschwein, das Chamäleon und zahlreiche andere Formen von Thieren und Pflanzen verbinden Spanien, Sicilien und Italien mit dem nördlichen Afrika.

Zu wiederholten Malen wurde die Ansicht ausgesprochen, dass noch in jüngster Zeit eine Landverbindung quer über das heutige Mittelmeer bestanden habe und dass grosse Theile des Mittelmeeres überhaupt nicht bestanden hätten.[166] Es ist aber heute noch sehr schwer, den Zusammenhang der Dinge näher zu erfassen. So viel nur ergibt sich mit Sicherheit, dass die Zertrümmerung des Festlandes stückweise und zu sehr verschiedenen Zeiten vorgeschritten ist, und dass sehr grosse Einbrüche dieser Art sich nach der glacialen Zeit ereignet haben.

Uebersicht. Die angeführten Erfahrungen lassen die nachfolgende Reihe von Veränderungen in dem Zustande des Mittelmeeres erkennen.

Die Ablagerungen der mittleren Kreide auf Jamaica und jene der Oligocänzeit auf mehreren westindischen Inseln verrathen eine auffallende Uebereinstimmung mit den gleichaltrigen Bildungen des südlichen Europa. Diese Uebereinstimmung dauert in einem

gewissen Grade bis an die Grenze jener Zeit, in welcher im Gebiete des südlichen Europa bereits eine Meeresfauna lebte, welche, allerdings unter dem Ausfallen vieler bezeichnender Glieder und dem Hinzutritte neuer oder fremder Elemente, den Grundstock der heutigen Mediterranfauna ausmacht.

Die Ablagerungen, in welchen diese Fauna zuerst sich zeigt, bilden die erste Mediterranstufe. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass zu dieser Zeit ein guter Theil des nordatlantischen Oceans trockenes Land oder von einer Reihe grosser Inseln unterbrochen war, welche seither in grosse Tiefen hinabgesunken sind. Der atlantische Ocean spülte damals in die Bucht der Gironde herein, ohne jedoch auf diesem Wege das Becken des Mittelmeeres zu erreichen. Es bestand dagegen eine solche Verbindung auf der Linie des Guadalquivir an dem südlichen Abhange der Meseta, und höchst wahrscheinlich eine noch viel wichtigere Verbindung über Marokko. Das Meer reichte von der Südseite des französischen Centralplateau's durch das Rhônegebiet in die Schweiz; seine Ablagerungen erscheinen in dem Nordsaume der Schweizer Alpen und in einzelnen Theilen des Jura; es umgab den südlichen Theil der böhmischen Masse und reichte bis in das nördliche Mähren. Dasselbe Meer hat seine Spuren in mehreren Theilen Ungarns, in Siebenbürgen, im südlichen Steiermark, in mehreren Theilen der Südalpen und an dem äusseren Rande des Apennin, auf Corsica, Sardinien und Malta zurückgelassen. Seine Ablagerungen erscheinen in getrennten Schollen in den südlichsten Theilen Kleinasiens und lassen sich weiter im Osten nordwärts bis über das Quellgebiet des Euphrat hinaus verfolgen; von dort reichen sie über den Urmia-See in das nördliche Persien.

Dieser ersten und mannigfaltigen Gruppe von Meeresablagerungen folgt im östlichen Europa eine weite Decke von blaugrauem Thon mit Aturia Aturi und einer Reihe besonderer Formen, welche einen selbständigen Horizont bildet; wir nannten sie den Schlier. Die westlichsten Vorkommnisse finden sich in der Gegend von Nizza und auf Malta. Aus dem östlichen Bayern zieht sich der Schlier zwischen der böhmischen Masse und dem Rande der Alpen und der Karpathen durch Oesterreich, Mähren und Schlesien und er umgibt den ganzen äusseren Saum der

Karpathen bis in die Wallachei. Auf diesem ganzen Gebiete ist er durch Gyps, Kochsalz und andere Producte der Dissociation ausgezeichnet. Hieher gehören auch die Salzlager Siebenbürgens. Der Schlier ist auch in Ungarn bekannt; er begleitet den äusseren Saum des Apennin und erscheint mit ähnlichen Merkmalen im südlichen Kleinasien. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, dass die ausgedehnten tertiären Gyps- und Steinsalzlager des Euphratgebietes und Persiens derselben Zeit angehören.

An den Schluss dieses, durch die Abschliessung und Versalzung grosser Meerestheile ausgezeichneten Zeitabschnittes fallen einige der grössten tektonischen Veränderungen. Während der marine Schlier an den Faltungen sowohl der Alpen als der Karpathen und des Apennin und an dem Ausbaue des äusseren Randes dieser Ketten theilnimmt, sieht man in Toscana wie in Oesterreich, in Westungarn und in Steiermark grosse Einbrüche eintreten und in diese legen sich zunächst blattführende, kohlenreiche Schichten, welche dem Alter nach dem Schlier unmittelbar nachfolgen. Um diese Zeit ist auch die alpine Niederung von Wien eingebrochen, wurden die Alpen von den Karpathen getrennt, wurde der östliche Abbruch der Alpen mit der Bucht von Gratz gebildet, wurde der spätere östliche Abfluss der Donau vorbereitet und ist der toscanische Theil der innerapenninischen Senkungen gebildet oder wenigstens vorgezeichnet worden. Wahrscheinlich fällt in diese Zeit auch ein guter Theil der innerkarpathischen Einbrüche. Im Westen scheint der Schlier nur durch Süsswasserablagerungen vertreten zu sein.

Nun dringt neuerdings das Mittelmeer vor und es lagert sich die zweite Mediterranstufe ab. Der Ocean greift nicht nur in die Bucht der Gironde, sondern auch nordwärts transgredirend über dieselbe gegen Orleans hinaus, erreicht aber wahrscheinlich auch dieses Mal nicht durch die Bucht der Gironde das Mittelmeer. Die Verbindung am Guadalquivir ist wieder vorhanden. Das Meer dringt in dem Rhônegebiet weit gegen Nord, erreicht aber nicht mehr die Schweiz, und die zur Zeit der ersten Mediterranstufe nach dieser Richtung vorhandene Verbindung mit dem oberen Donaubecken fehlt. Dafür zeigen sich seine Spuren in den innern Einbrüchen des Apennin und der Alpen, und sowie das

Meer gegen Orleans die alten Grenzen überschreitet, so umgürtet es nicht nur die Karpathen, sondern tritt es auch weit über die russische Platte, über das Gouvernement Kherson und sogar bis in die Gegend des heutigen Asow'schen Meeres hin. Es erreicht auch den südlichen Theil Kleinasien's, aber es ist nicht sicher, ob Ablagerungen aus dieser Zeit auch in dem Innern des Landes, in Armenien und Persien vorhanden sind.

Dagegen ist es der tiefere Theil der Ablagerungen dieser Stufe, welcher über die lybische Wüste bis in die Oase Siuah vordringt und bei Suez bis an das heute von einer ganz verschiedenen Fauna bewohnte rothe Meer vordringt.

Der zweiten Mediterranstufe folgen im Westen wieder Süsswasserbildungen, während in Osteuropa eine neue und selbständige Schichtgruppe, die sarmatische Stufe, auftritt.

Die sarmatische Stufe muss als eine marine Stufe angesehen werden, obwohl sie an vielen Stellen brackische Einschwemmungen enthält und obwohl ihrer Fauna ein eigenthümlicher Stempel der Einförmigkeit aufgeprägt ist. Sie füllt die Niederungen des Donaugebietes von Niederösterreich bis zum schwarzen Meere, bedeckt grosse Strecken vom südlichen Polen her durch Südrussland bis an das kaspische Meer und bis an den Aralsee, und dringt in die Dardanellen und in den nördlichen Theil des ägäischen Meeres. Die ausgedehnten gypsführenden Lagen zu beiden Seiten des Apennin, welchen auch die sicilischen Schwefelgruben angehören, entsprechen vielleicht ihrem Alter nach der sarmatischen Stufe.

Nun tritt eine ganz wunderbar ausgedehnte Ablagerung brackischer, durch mannigfaltige Cardien und durch Congerien ausgezeichneter Sedimente ein; dies sind die pontischen Bildungen. Sie erscheinen im Rhônethale, wo ihnen eine Zeit der Erosion voranging; sie zeigen sich zu beiden Seiten des Apennin und sind bis Sicilien bekannt. In dem ganzen Gebiete der Donauniederungen, von Niederösterreich abwärts, liegen sie auf der sarmatischen Stufe; ebenso ist es im südlichen Russland.

Neuerdings breitet sich das Mittelmeer aus; die dritte Mediterranstufe dringt wieder im Rhônethale vor, den pontischen Ablagerungen aufruhend; sie erscheint an zahlreichen Stellen im Umkreise des heutigen Mittelmeeres und der Einbruch bei Genua

scheint dieser Zeit anzugehören. Sie reicht aber im Osten nordwärts nicht über Kos hinaus, und an der Stelle des heutigen ägäischen Meeres ist noch immer festes Land und ein oder mehrere grosse und tiefe Süsswassersee'n. In das Innere Kleinasien's reicht diese Stufe auch nicht.

Man erkennt an den heutigen Gestaden des Mittelmeeres durch die verschiedenen Höhen, in welchen, oft in deutlich getrennten Treppen, die späteren Absätze erfolgten, ein ausgebreitetes Schwanken der Strandlinie. Nordische Gäste, Arten, welche heute in Grönland leben, erscheinen in der Mittelmeerfauna; der grösste Theil verschwindet wieder, doch dürfte jene Reihe keltischer Arten, welche heute die tieferen und kälteren Regionen des Mittelmeeres bewohnt, um diese Zeit eingewandert sein.

Nach dieser Zeit treten neuerdings grosse Einbrüche ein. Das ägäische Festland, welches durch alle vorhergehenden Abschnitte von Kleinasien herübergereicht und das pontische Gebiet abgetrennt hatte, geht nun zur Tiefe, ebenso das pontische Gebiet selbst bis an den Nordrand des westlichen Kaukasus, und das Mittelmeer tritt in ein weites neues Gebiet ein, während im kaspischen Becken die alten Zustände fortdauern. Die nördliche Adria geht zur Tiefe und an vielen anderen Stellen ereignen sich grössere und kleinere Absenkungen und Nachbrüche.

Neben diesen Nachbrüchen vollzieht sich aber noch ein anderer Process im Mittelmeere, nämlich eine allgemeine Veränderung der Strandlinie. Das ist kein localer, sondern, wie sich an späterer Stelle zeigen wird, ein sehr ausgebreiteter Vorgang.

Die trockenliegenden Strandbildungen, welche an so vielen Stellen in der Höhe von einigen Fussen über dem heutigen Meeresspiegel zu sehen sind, haben ohne Zweifel dieselbe Entstehung wie die weit höher ansteigenden Treppen von Meeresbildungen, welche bis in die Zeit der nordischen Gäste und noch weiter zurückreichen. Der Gegensatz zwischen der Regelmässigkeit dieser jungen Treppen und der Faltung und dem Bruche der Gebirgsketten hat sich bereits vielen Beobachtern aufgedrängt. Die Gleichförmigkeit des ‚Cordon litoral quaternaire‘, also der jüngsten verlassenen Meeresbildung auf Cypern, hat Gaudry veranlasst, zwei verschiedene Reihen von Erscheinungen im Mittelmeere anzu-

nehmen, nämlich erstens ein allgemeines Sinken des Wasserspiegels und zweitens die Dislocationen.[167] Diese Unterscheidung von Bewegungen des Wassers und Bewegungen der Erde ist aber von der höchsten Bedeutung für das Verständniss der Veränderungen der Erdoberfläche.

Es tritt ferner aus der angeführten Reihe von Ereignissen deutlich genug die verschiedene Wirkung der faltenden und der sinkenden Bewegung, oder, wie wir an früherer Stelle sagten, der Dislocation in tangentialer und der Dislocation in verticaler Richtung hervor. Am Guadalquivir sahen wir nordwärts das tertiäre Ufer an dem Südrande der Meseta, südwärts aber in dem Saume der betischen Cordillere aufgerichtete Schichten und Schichtköpfe ohne ihre Fortsetzung. Die Bucht der Gironde liegt ähnlich, doch ist hier der Fall nicht auffallend. Dagegen wiederholt er sich deutlich im Rhônegebiete und südlich sowie östlich von der böhmischen Masse.

Die Zwischenstrecken, die Niederungen, welche die Kettengebirge von dem Vorlande trennen, nehmen das Bild von einseitig zerdrückten Meerestheilen an. Wir sind gar nicht in der Lage zu sagen, wie breit jener Meerestheil gewesen sein mochte, dessen Ablagerungen heute unter dem Namen der Meeresmolasse, dem äusseren Saume der Alpen eingefaltet, zu sehen sind.

Es lässt sich aber deutlich erkennen, dass jene Vorgänge, welche wir in der wechselvollen Geschichte des Mittelmeeres zu verfolgen versucht haben, auch heute nicht beendet sind. Die Schwankungen der Strandlinie dauern fort. Ebenso bereiten sich neue Einstürze vor. Die Anzeichen, welche Calabrien hiefür liefert, sind bereits erwähnt worden; R. Hoernes sieht in der seïsmischen Linie Görz—Klana—Fiume—Ottocac eine peripherische Zone des adriatischen Bruchfeldes. Ebenso auffallend ist, was im Osten beobachtet wurde. Abich hat gezeigt, dass der östliche Kaukasus eingesunken ist, dass seine Fortsetzung unter dem kaspischen Meere liegt, und dass die grossen Erdbeben von Schemacha-Baskal sich an dem Bruchrande einer Senkung bewegen. Die eingehende und lehrreiche Darstellung der Ereignisse, welche sich an dem Unterlaufe des Kur im Monate Mai 1859 zutrugen, spricht

dafür, dass dieses ganze Gebiet zwischen Baku, Schemacha, Nucha, Elisabetpol und Schuscha, also die ganze gegen das kaspische Meer geöffnete Ebene sich ebenso verhalte, wie die calabrische und die nordadriatische Senkungsregion, d. i. dass neue Senkung sich vorbereite.[168] Diesem Gebiete schliesst sich aber im Westen die, so weit geschichtliche Ueberlieferungen reichen, d. i. seit mehr als einem Jahrtausend, von den heftigsten Erschütterungen heimgesuchte Region südlich vom Goktschai bis gegen den Ararat hin an, und wir treffen in Armenien auf zahlreiche Nachrichten von Erdbeben aus dem vulcanischen Hochplateau nördlich von Kars, sowie aus der Gegend von Erzerum. Diese Stadt wurde in demselben Monate Mai 1859, in welchem weit im Osten die Stösse am unteren Laufe des Kur und des Araxes wanderten, plötzlich von einem Schlage getroffen, welcher den dritten Theil der Häuser stürzte und Hunderte von Menschen tödtete. Von hier aber zieht sich eine zweite seïsmische Zone über den Wan-See gegen Mambedj, Aleppo und Antiocheia. Auch auf dieser Zone traten schon im Alterthume verheerende Erderschütterungen auf, und sie haben sich bis in die neuere Zeit wiederholt (S. 76).

Wird einmal an der Südseite des Kaukasus das Land am unteren Kur zur Tiefe gehen, wie die östliche Fortsetzung dieser Gebirgskette bereits zur Tiefe gegangen ist? Wird sich hier ein neuer Busen des kaspischen Meeres bilden? Oder sagen uns diese wiederholten Erdstösse gar, dass dereinst das ganze östliche Kleinasien zur Tiefe brechen wird, wie das ägäische Festland in jüngster Zeit zur Tiefe gebrochen ist, und dass, sowie der Pontus in jüngster Zeit dem Mittelmeere angefügt wurde, so nun auch das kaspische Meer entweder von Antiocheia oder von der colchischen Küste her demselben ebenfalls angefügt werden wird?

Wir haben keine Antwort auf solche Fragen, aber wir sehen, dass die alten Kräfte wirksam sind, und müssen vermuthen, dass die Veränderungen, welche sie vorbereiten, jenen ähnlich sein werden, welche bereits eingetreten sind.

Anmerkungen zu Abschnitt IV: Das Mittelmeer.

1 Th. Fuchs, Studien über die Gliederung der jüngeren Tertiärbildungen Oberitaliens; Sitzungsber. Akad. Wien. 1878, LXXVII, 1. Abth., S. 423: ‚Pliocäner Schlier'.

2 R. A. Philippi, Ueber Versteinerungen der Tertiärformation Chile's; Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss., 1878, Bd. 51, S. 674—685.

3 L. Barrett, On some cretac. Rocks in the South-eastern Portion of Jamaica; Quart. Journ. geol. Soc., 1860, XVI, p. 324—326; M. Duncan and G. P. Wall, A Notice on the Geol. of Jamaica; ebendas. 1865, XXI, p. 1—15.

4 Einige der wichtigsten dieser Arbeiten sind: S. M. Duncan, On the foss. Corals of the W. Ind. Islands; Quart. Journ. geol. Soc., 1863, XIX, p. 406—458; 1864, XX, p. 20—44 u. p. 358—374; J. Carrick Moore, On some tert. shells from Jamaica, with a Note on the Corals by P. M. Duncan and a Note on some Nummulinae and Orbitoides by Rup. Jones; ebendas. 1863, XIX, p. 510—515; Duncan, On the Correlation of the Mioc. Beds of the W. Ind. Islands, and on the Synchronism of the Chert-Formation of Antigua with the lowest Limestone of Malta; Geol. Magaz., 1864, I, p. 97—102; Rup. Jones, The relationship of certain W. Ind. and Maltese Strata, as shown by some Orbitoides and other Foraminifera, ebendas. p. 102—106; R. J. Lechmere Guppy, On the tert. Mollusca of Jamaica; Quart. Journ. geol. Soc., 1866, XXII, p. 281—295; On tert. Brachiopoda from Jamaica; On tert. Echinod. from the W. Ind., ebendas. p. 295—301; On the Relations of the tert. formations of the W. Ind., mit Zusätzen von Woodward und Jones, ebendas. p. 570—593; Rob. Etheridge, Summary of the Palaeont. of the Carribean Area, als Append. V zu Sawkins, Report on the Geol. of Jamaica, 8°, 1869, p. 306—339; Purves in Ann. de la Soc. Malacol. de Belg., 1873, VIII, Bullet., p. XXV—XXVIII (nur Land- und Süsswasserschnecken aus einem kieseligen Kalkstein); Cotteau, Descript. des Echinides tert. des Iles S. Barthelemy et Anguilla; Svensk. Vetensk. Akad. Handl., 1875, XII, No. 6 und Descript. des Echin. foss. de l'Ile de Cuba; Ann. Soc. géol. Belg., 1881—1882, IX, Mém. p. 1—49; Duncan, On the older tert. formations of the W. Ind. Islands; Quart. Journ. geol. Soc., 1873, XXIX, p. 548—565; L. Guppy, On the Mioc. Fossils of Haiti; ebendas. 1876, XXXII, p. 516—532, ferner im Anhange zu W. M. Gabb, On the Topogr. and Geol. of S. Domingo; Trans. Americ. Philos. Soc. Philadelphia, 1873, new Ser. XV.

5 A. d'Achiardi, Coralli Eoc. del Friuli; Atti d. Soc. Toscan. di Scienze Nat., 1875, II, 100 pp. u. 16 Taf.

6 Th. Wright, On the foss. Echinid. of Malta, with add. notes on the mioc. Beds of the Island etc. by A. L. Adams; Quart. Journ. geol. Soc., 1864, XX, p. 470—491; Th. Fuchs, Das Alter der Tertiärschichten von Malta; Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, 1874, LXX, 1. Abth., S. 92—102; A. L. Adams, On Remains of Mastodon and other Vertebrata of the mioc. Beds of the Maltese Islands; Quart. Journ. geol. Soc., 1879, XXXV, p. 517—531.

7 Prof. Heilprin in Philadelphia, welchem ich lehrreiche Briefe über diesen Gegenstand verdanke, betrachtet die orbitoidenreichen Schichten von Florida und die Korallen-

bänke von S. Bartholomäus u. and. Orten als demselben Gliede angehörig; auch diese Auffassung steht nicht in Widerspruch mit den europäischen Vorkommnissen.

8 Eug. A. Smith, On the Geol. of Florida; Amer. Journ. Science, 1881, 3. ser., XXI, p. 292—309.

9 E. W. Hilgard, The later Tertiary of the Gulf of Mexico, ebendas. 1882, 3. ser., XXII, p. 58—65, pl. III; auch dess.: On the geol. history of the Gulf of Mexico; Proc. Am. Assoc., XX. Meeting, Indianop., 8°, Cambridge, 1872, p. 222—236 und im Anhange zu Humphreys and Abbot, Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi Riv., 2. Aufl., 4°, Washington, 1876, p. 636—646 u. F. V. Hopkins, Karte in Ann. Rep. of the Louisiana State Univ., New-Orleans, 1871.

10 Ang. Heilprin, Notes on the tert. Geol. of the Southern Un. States; Proc. Ac. Nat. Sc. Philad., 1881, p. 151—159.

11 Th. Bland, On the geogr. Distrib. of the Gen. and Spec. of Land Shells of the W. Ind. Islands etc.; Ann. Lyc. nat. hist. New-York, 1862, VII, p. 335—361; ferner: Notes relat. to the Phys. Geogr. and Geol. of, and Distrib. of terr. Moll. in certain of the W. Ind. Islands, und: On the Phys. Geogr. of, and Distrib. of terr. Moll. in the Bahama Islands, ebendas. 1874, X, p. 311—324; für Säugthiere auch: M. F. de Castro, Pruebas paleont. de que la Isla de Cuba ha estado unida al Continente Amer.; Bolet. Com. geol. Esp., 1881, VIII, p. 357—372.

12 Al. Agassiz, Origin of the West Ind. (Caribbean) Echinid. Fauna; in Reports of the Results of Dredging etc.; Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll., 1883, X, a, p. 79—94.

13 Ang. Heilprin, On the Relation, Ages and Classification of the Post-Eocene Tertiary Deposits of the Atlantic Slope; Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1882, p. 150—186.

14 F. Rolle, Ueb. d. geolog. Stellung der Horner-Schichten; Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, XXXVI, 1859, S. 81, auch Heilprin, Proc. Acad. Nat. Sc. Philad. 1880, p. 33.

15 J. Geikie, On the Geol. of the Faeroë Isl.; Trans. Roy. Soc. Edinb., 1880—1881, XXX, pl. XVI; A. H. Stokes, Notes upon the Coal found in Süderöe; Quart. Journ. Geol. Soc., 1880, XXXVI, p. 620—626.

16 Die zweite deutsche Nordpolfahrt, 1874, II; Toula, S. 477; Lenz, S. 486 u. folg.; Heer, S. 512—517.

17 Osw. Heer, Notes on foss. Plants discov. in Grinell-Land by Capt. H. W. Feilden; Quart. Journ. geol. Soc., 1878, XXXIV, p. 67; auch Etheridge, ebendas. p. 569.

18 F. Toula, Zweite deutsche Nordpolf., S. 477.

19 Th. Fuchs, Ueber die während d. schwed. geol. Expedition n. Spitzbergen im Jahre 1882 gesammelten Tert. Conchylien; Bihang till. K. Svensk. Vet. Ak. Handl., 1883, VIII, Nr. 15.

20 K. Mayer in G. Hartung, Geol. Beschreib. d. Inseln Madeira u. Porto Santo, 8°, 1864, S. 183 u. folg., insb. S. 276, 277.

21 Judd, Quart. Journ. geol. Soc., 1878, XXXIV, p. 669.

22 Die letzte Beschreibung hat K. Pettersen geliefert: Lofoten og Vesteraalen; Archiv f. Mathem. og Naturvidensk., Kristiania, 1881, 97 pp. u. geol. Karte.

23 Beyrich's Uebersichtskarte in den Abhandl. Akad. Wiss. Berlin, 1855, bildet heute noch den Ausgangspunkt aller Untersuchungen über dieses Gebiet.

24 G. Vasseur, Rech. géol. sur les terrains tert. de la France Occid.; Ann. d. Sciences géol., 1881, XIII, p. 1—432 u. Karten.

25 W. Pengelly, The Lignites and Clays of Bovey Tracey, Devonsh.; Philos. Transact. Roy. Soc., 1863, vol. 152, p. 1019—1038, 3 pl., und: Osw. Heer, On the Foss. Flora of Bovey Tracey, ebendas. p. 1039—1086, 17 pl.; ferner: Ramsay, Phys. Geogr. and Geol. of Gr. Britain, 8°, 1878, p. 259, 354.

26 Aus der reichen Literatur über diesen Gegenstand nenne ich nur J. Prestwich, On the Structure of the Crag-Beds of Norfolk and Suffolk, Quart. Journ. geol. Soc., 1871, XXVII, p. 115—146, 325—356 u. 452—496, und E. Van den Broeck, Esquisse géol. et paléont. des Dépôts plioc. des Environs d'Anvers, Mém. de la Soc. Malacol. Belg., 1874, IX, p. 83—371.

27 D. Joaq. Gonzalo y Tarin, Prov. de Huelva, Bolet. Comis. Mapa geol. Esp., 1878, V, p. 75, 81, 87.

28 M'Pherson, Prov. de Sevilla, ebendas. 1879, VI, p. 252.

29 L. Mallada, ebendas. 1880, VII, p. 48.

30 de Verneuil et Collomb, Coup d'œil sur la Constit. géol. de plus. provinces de l'Espagne, Bull. soc. géol., 1853, 2e sér., X, p. 78, 79 und dieselb.: Géol. du Sud-Est de l'Espagne, ebendas. 1856, 2e sér., XIII, p. 716 u. folg. Schon im Jahre 1849 hob d'Archiac hervor, dass das castilische Plateau mit 682 M. mittlerer Höhe und das Plateau der Auvergne mit nur 339 M. mittlerer Höhe in gleicher Weise von dem Meere frei geblieben seien, welches sie umgab; Hist. des Progrès de la Géol. II, b, p. 841.

31 Rich. v. Drasche, Geol. Skizze des Hochgeb. der Sierra Nevada, Jahrb. geol. Reichsanst., 1879, XXIX, S. 113, 115; auch Silvertop, Proceed. geol. Soc., 1834, p. 216; Ansted, Quart. Journ. XV, p. 585.

32 Gonzalo y Tarin, Prov. de Granada, Bolet. Comis. Mapa geol. Esp., 1881, VIII, p. 78 u. folg.

33 Ebendas. p. 83, ferner Is. Gomban u. A. M. Alcibar, Prov. de Tarragona, ebendas. 1877, IV, p. 237.

34 Tournouër, Note stratigr. et paléontol. sur les faluns du dép. de la Gironde, Bull. soc. géol., 1862, 2e sér., XIX, p. 1038.

35 Th. Fuchs, Der ‚Falun von Salles' und die sogenannte ‚jüngere Mediterranstufe' des Wiener Beckens; Verhandl. geol. Reichsanst., 1874, S. 105—111. Wenn sich auch herausstellen sollte, dass die Faluns von Bazas-Mérignac den Schichten von Molt entsprechen, würde doch ein bezeichnendes Glied der ersten Stufe bei Wien, nämlich die Schichten von Loibersdorf mit Card. Kübecki, an der Gironde fehlen.

36 Linder, Des Dépôts lacustres du Vallon de Saucats; Actes de la Soc. linn. de Bordeaux, 1872, XXVII, p. 451—525; auch früher R. Tournouër, Sur l'âge géol. des Mollasses de l'Agenais; Bull. soc. géol., 1869, 2e sér., XXVI, p. 983—1023.

37 Vict. Raulin, Aperçu sur l'Orogr., la Géol. et la Hydrograph. de la France; in: Dechambre, Dict. encycl. des Sciences Médic., 8°, Paris, 1879, p. 349 u. a. and. Orten.

38 J. Delbos, Essai d'une Descript. géol. du Bassin de l'Adour, 4°, Bordeaux, 1854 u. a. and. Orten; für das Alter von Saubrigues auch Benoist, L'Etage Tortonien dans la Gironde, Actes soc. linn., Bordeaux, 1878, XXXII, p. LXXXV—XC.

39 R. Tournouër, Sur les dépôts d'eau douce du bassin de la Garonne, corresp. au calc. de Beauce et aux sables de l'Orléannais, Bull. soc. géol., 1867, 2e sér., XXIV, insb. p. 486, und ders.: Sur les lambeaux du terr. tert. des environs de Rennes et de Dinan, ebendas. 1868, 2e sér., XXV, p. 386 u. folg.

40 F. Fontannes, Études statigr. et paléont. pour servir à l'hist. de la Période tert. dans le Bassin du Rhône, 7 Theile, Lyon et Paris, 1875—1881.

41 Fontannes, VI, Bassin de Crest, Fig. 13, p. 47.

42 C. Fischer et R. Tournouër, Invertébrés foss. du Mont Léberon (aus: Gaudry, Fischer et Tournouër, Anim. foss. du M. Léberon), 4°, Paris, 1873, p. 152; Fontannes, Études, IV, p. 59 und insb. Fuchs, Bollet. comit. geol., 1879, p. 17—19.

43 Hiebei bemerke ich jedoch ausdrücklich, dass die von Fontannes insb. IV, p. 61, 62 ausgesprochene Ansicht, dass die Knochenlager von Cucuron älter seien als die Lagen mit Nassa semistriata (dritte Stufe), mir vollkommen richtig erscheint und ganz mit den mir sonst bekannten Vorkommnissen dieser Art übereinstimmt.

44 Fontannes, Note sur l'Extension et la Faune de la Mer pliocène dans le Sud-Est de la France; Bull. soc. géol., 1862, 3e sér., XI, p. 103—141.

45 Fontannes, Études, VI, Bassin de Crest, pl. A, B, C.

46 A. Jaccard, Descr. géol. du Jura Vaudois (Matér. p. l. Carte géol. de la Suisse, VI, 1869), p. 106 u. folg.

47 J. B. Greppin, Le Jura Bernois (Matér. VIII, 1870), p. 176.

48 B. Studer, Geol. d. Schweiz, II, S. 434.

49 E. Renevier, Mém. géol. sur la Perte du Rhône; Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 1855.

50 Gümbel, Geognost. Beschr. d. Königr. Baiern, I, S. 756 u. folg.

51 J. Schill, Die Tert. u. Quart. Bildungen des Landes am nördl. Bodensee u. im Höhgau; 8°, Stuttg., 1858, S. 33, 102 u. a. and. Orten.

52 Gümbel, Geogn. Beschr. d. Königr. Baiern, II, S. 784.

53 F. Posepny, Oligocäne Schichten bei Pielach nächst Melk; Jahrb. geol. Reichsanst., XIV, 1865; Verhandl. S. 165. Ich habe hier auch Fragmente von Cyrena angetroffen.

54 Untersuch. über d. Charakter der österr. Tertiärablagerungen, Sitzungsber. Akad. Wien, 1866, LIV, 1. Abth., S. 87—152.

55 Hierüber z. B.: R. Lepsius, Das Mainzer Becken, 4°, 1883, S. 113 u. a. and. Orten.

56 Osk. Lenz, Beitr. z. Kenntniss der Tertiärbildungen in Nord- und Westafrika; Verhandl. geol. Reichsanst., 1883, S. 229.

57 P. de Tchihatcheff, Asie Mineure, IVe partie, Géologie, III, 8°, 1869, p. 15—20; auch Bull. soc. géol., 1854, XI, p. 393.

58 T. A. B. Spratt and Edw. Forbes, Travels in Lycia, Milyas and the Cibyratis, 8°, 1847, II, p. 169—175; vgl. unten, Note 89 über einzelne der genannten Punkte.

59 Tchihatcheff, Asie Mineure, IV, 3, p. 27—60.

60 J. Russegger, Reise in Griechenland, Unter-Egypten, im nördl. Syrien und südöstl. Kleinasien, II, 8°, 1843, S. 607, 628 u. a. and. Orten; dess.: Geognost. Karte des Taurus, Fol., Wien, 1842.

61 Tchihatcheff, a. ang. Orte, p. 95, 97, 101, 110.

62 F. v. Hauer in Haidinger's Berichte über Mittheil. d. Freunde d. Naturwiss., Wien, 1848, IV, S. 311, 312.

63 H. Abich, Ueber d. Steinsalz u. seine geol. Stellung im russ. Armenien; Mém. Acad. Pétersb., 1857, 6e ser., VII, p. 61 – 150, 10 Taf. u. insb. Geol. Forschungen in d. Kaukas. Ländern, II; Geol. d. Armen. Hochlandes, 4°, 1882, S. 210—327.

64 Th. Fuchs, Ueber die von Dr. E. Tietze aus Persien mitgebrachten Tert. Verst.; Denkschr. Akad. Wien, 1879, XLI, S. 99—108, 6 Taf., und Sitzungsber., 1880, LXXXI, S. 97—100 u. Taf.

65 E. Tietze, Bemerk. über d. Tektonik des Albursgebirges, Jahrb. geol. Reichsanst., 1877, XXVII, S. 414.

66 C. Ehrlich, Geognost. Wanderungen im Gebiete der n. ö. Alpen, 8°, Linz, 1852, S. 72; eine erste Liste der Foraminiferen von Reuss ist beigefügt.

67 M. Hörnes, Verzeichniss der in Ottnang vorkommend. Versteinerungen, Jahrb. geol. Reichsanst., 1853, IV, S. 190; auch Reuss, Foraminif. von Ottnang, ebendas. 1864, XIV, Verhandl. S. 20; diese Thiergruppe wurde später auch bearbeitet von F. Karrer, Ueber d. Foraminif. des Schlier in Niederösterr. u. Mähren, Sitzungsber. Akad. Wien, 1867, LV, S. 331—349.

68 Untersuch. über den Charakter der österr. Tertiärablag., eb. das. 1866, LIV, S. 127.

69 Th. Fuchs, Geol. Studien in d. Tert. Bildungen Süditaliens, eb. das. 1872, LXVI, 1. Abth., S. 48; dess.: Die Gliederung der Tert. Ablag. am Nordabhange der

Apenninen von Ancona bis Bologna, eb. das. 1875, LXXI, 1. Abth., S. 164. Ebenso A. Manzoni, Lo Schlier di Ottnang nell' Alta Austria e lo Schlier delle Colline di Bologna; Bollet. Com. Geol., 1876, p. 122—132 u. a. vielen anderen Orten.

70 Th. Fuchs, Das Alter der Tertiärschichten v. Malta; Sitzungsber. Akad. Wien, 1874, LXX, 1. Abth., S. 92—102, und: Ueber den sog. ‚Badner Tegel' auf Malta, ebendas. 1876, LXXIII, 1. Abth., S. 67—73.

71 Rud. Hoernes, Die Fauna des Schliers von Ottnang; Jahrb. geol. Reichsanst. 1875, XXV, S. 333—400, Taf. X—XV.

72 A. Manzoni, Gli Echinodermi foss. dello Schlier delle Colline di Bologna, Denkschr. Akad. Wien, 1878, XXXIX, S. 149—164, 4 Taf. und: Echinod. foss. della Molassa Serpentinosa; eb. das. 1880, XLII, S. 185—190, 3 Taf.

73 Ich betone hier die Selbständigkeit desselben. Man hat den Schlier zuweilen als die Tiefseebildung der I. Stufe angesehen, wofür mir keine entscheidenden Gründe bekannt sind; in neuester Zeit hat man wegen des Vorkommens einer grösseren Anzahl von Arten aus der II. Stufe denselben dieser zugerechnet. Sowie aber die heute lebende Fauna des Mittelmeeres Elemente von verschiedener Herkunft umfasst, gilt dies auch von jeder früheren Fauna und das ausschliessliche Studium von Artverzeichnissen mag leicht in Irrthum führen. Die Gesammtheit der physischen Merkmale ist zu erfassen, und wo es gelingt, über einen grösseren Raum an gleichen Merkmalen eine Bildung zu verfolgen, wird sie selbst zum Merkmale einer selbständigen Episode der Vergangenheit und ist sie als solches zu verzeichnen.

74 A. Rzehak, Ueb. d. Gliederung u. Verbreit. d. ält. Medit. Stufe bei Gr.-Seelowitz; Verh. geol. Reichsanst., 1880, S. 300—303.

75 Mich. Kelb, Die Soolequellen von Galizien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1876, XXVI, S. 135, 169, Taf. XIV.

76 Stan. Kontkiewicz, Kurzer Bericht üb. die von ihm ausgef. geol. Untersuch. im südwestl. Theile v. Königr. Polen; Verh. geol. Reichsanst. 1881, S. 66—69. Der Gyps erscheint unmittelbar über der Pectenschicht in einer Lage, welche aus riesigen, bis 2 Met. hohen Gypskrystallen gebildet ist, welche vertical nebeneinander stehen. — Zu meinem lebhaften Bedauern ist mir der II. Theil von J. Niedzwiedzki's vortrefflicher Monographie von Wieliczka erst während des Druckes zugekommen; die Ergebnisse seiner eingehenden Forschungen stimmen in allen wesentlichen Punkten mit dem hier Gesagten überein; J. Niedzwiedzki, Beitr. z. Kenntniss d. Salzformation von Wieliczka u. Bochnia; 2 Theile, 8°, Lemberg, 1883/4.

77 M. Lomnicki, Einiges üb. d. Gypsformation in Ostgalizien; Verh. geol. Reichsanst. 1880, S. 272—275; die Fauna bei Hilber, Geol. Studien in d. ostgaliz. Miocängeb.; Jahrb. eb. das. 1882, XXXII, S. 292—297.

78 V. Gr. Cobalcescu, Ueb. einige Tertiärbild. in der Moldau; Verh. geol. Reichsanst. 1883, S. 152—157.

79 C. D. Pilide, Ueb. d. Neogene Becken N. v. Ploesci; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 132, 140; Paul, Verh. eb. das. 1881, S. 93—95; Ueber die Faltung dieser Ablagerungen Cobalcescu eb. das. 1882, S. 230.

80 Das Vorkommen von Schlier in der kleinen Tertiär-Scholle von Bahna oberhalb des Eisernen Thores der Donau scheint mir noch nicht vollständig sichergestellt; vgl. Stephanesco, Note s. l. bass. tert. de Bahna; Bull. soc. géol. 1877, 3. sér., V, p. 387—393, pl. V, u. Tournouër's Bemerkungen hiezu.

81 Es sind innerhalb des Bruchrandes von Wien einige sehr untergeordnete und unsichere Aufschlüsse bei Gross-Russbach vorhanden; ebenso verweise ich auf Th. Fuchs, Jahrb. geol. Reichsanst. 1868, XXVIII, S. 283, Note; für die Ausbreitung im Süden: R. Hoernes, Ein Beitr. z. Kenntniss d. mioc. Meeresablag. der Steiermark; Mittheil. naturw. Ver. Steierm. 1882, S. 10. In Südsteiermark u. Krain wird der Schlier wohl auch als ‚Mergel von Tüffer' bezeichnet; nach Bittner's Beobachtungen nähert sich derselbe an einzelnen Stellen sehr den galizischen ‚Schichten von Baranow' Hilber's. Diese Bestätigung der

hier vertretenen Ansichten ist um so erfreulicher, als sie von einem Beobachter herrührt, welcher diese Ansichten nicht theilt; A. Bittner, Die Tert. Ablag. von Trifail u. Sagor; Jahrb. geol. Reichsanst. 1884, S. 457, 491, 548, 588 u. an and. Ort.

82 Th. Fuchs, Neu. Jahrb. f. Min. 1881, Referate, S. 99. Koch u. Kürthy haben gezeigt, dass im NW. Siebenbürgen die grossen Dislocationen wie in den O. Alpen zwischen die I. u. II. Mediterranstufe fallen, so dass die letzteren dem Sande von Korod der I. Stufe discordant anlagern; Petrogr. u. tekton. Verhältnisse der trachyt. Gesteine des Vlegyásza-Stockes; Siebenb. Mus. Verein, Klausenburg, 1878, S. 385.

83 Eine Uebersicht dieser reichen Vorkommnisse bei F. v. Hauer u. G. Stache, Geol. Siebenbürgens, 8°, 1863, S. 102—110, u. F. Posepny, Studien aus d. Salinengebiete Siebenb.; Jahrb. geol. Reichsanst. 1867, XVII, S. 475—516 u. 1871, XXI, S. 123—188 u. Taf.; F. Herbich, Das Széklerland, 8°, Budapest, 1878, S. 261—266.

84 Hauer u. Stache, eb. das. S. 290; Posepny, eb. das. 1871, S. 147. Die älteren Ansichten Coquand's über das Alter der Salzlagerstätten meinte ich übergehen zu dürfen.

85 Ch. Mayer, Sur la carte géol. de la Ligurie centrale; Bull. soc. géol. 1877, 3. sér., V, p. 288; Th. Fuchs, Studien üb. d. Gliederung d. jüng. Tertiärbildungen Ob. Italiens; Sitzungsb. Akad. Wien, 1878, LXXXVII, 1. Abth., S. 419—480.

86 Bei Camerino liegt mit Aturia Aturi auch Brissopsis Ottnangensis im Schlier; Loriol, Descr. des Echin. des env. de Camerino (Toscane) préc. d'une not. stratigr. par M. Canavari; Mém. soc. phys. hist. nat. Genève 1882, t. XXVIII. Bei Stilo in Calabrien hat Seguenza Aturia Aturi im ‚Langhiano' getroffen.

87 Ipp. Cafici, La Form. Mioc. nel territ. di Licodia-Eubea; Ac. d. Lyncei, 1883, ser. 3, vol. XIV.

88 Tournouër, Notes paléont. sur quelques-uns des terr. tert. etc.; Bull. soc. géol. 1877, 3. sér. V, p. 844.

89 Hr. Th. Fuchs schreibt ferner: Einige Zeit nach Dr. Luschan besuchte Dr. Tietze dieselbe Gegend und hatte die Güte, mir die mitgebrachten Stücke zum Studium zu überlassen. Nach seinen Mittheilungen treten schlierähnliche Bildungen an zahlreichen Punkten Lyciens als Ausfüllungen schmaler Thäler auf; sie bestehen aus einem Wechsel von Mergel, Sandstein und Conglomerat, liegen auf Nummulitenkalk und haben an den letzten Bewegungen des Gebirges theilgenommen; ihr Aussehen erinnert zuweilen an Flysch. Die von Tietze mitgetheilten Vorkommnisse sind übrigens mehr sandig als jene von Luschan, die Aturien fehlen und die Fauna erinnert mehr an den Horizont von Grund. Nur einige lichtgraue Mergelstücke mit zahlreichen Pteropoden, mit Corbula und Limopsis nähern sich dem Typus des Schlier. — Die von Luschan bei Seret in Lycien (wahrscheinlich Saaret bei Forbes) gesammelten Fossilien entsprechen nach Fuchs den Ablagerungen von Grund oder Lapugy (II. Stufe).

90 Loftus, On the Geol. of Portion of the Turko-Persian Frontier and Districts adjoining; Quart. Journ. geol. Soc. 1855, XI, p. 247 u. folg.; W. T. Blanford, Eastern Persia, An Account of the Journeys of the Persian Boundary Commiss. 1870—72; 8°, Lond. 1876, II, p. 461—462; die jüngeren marinen Tertiär-Bildungen der Makrán-Küste liegen übergreifend auf der aufgerichteten Salzformation.

91 H. Abich, Das Steinsalz und seine geol. Stellung im russ. Armenien; Mém. Ac. Sc. Petersb. 1857, 6. sér., VII, p. 61—150; 10 pl.

92 E. Tietze, Verh. geol. Reichsanst. 1875, S. 30, auch: Die Mineral-Reichthümer Persien's; Jahrb. eb. das. 1879, XXIX, S. 572, 573 u. an and. Ort.

93 A. Rzehak, Beitr. z. Kenntn. der Tertiärform. im ausseralp. Wiener Becken; Verh. naturf. Verein in Brünn, 1883, XXI; F. Sandberger, Die Kirchberger Schichten in Oesterr.; Verh. geol. Reichsanst., 1883, S. 208—210. Rzehak hat in dem Oncophora-Sande Geschiebe von Schlier mit Aturien gefunden. Bei Schaffhausen wird derselbe von echter Juranagelfluh überlagert; F. Schalch, Ueb. einige Tertiärbildungen d. Umgeb. v. Schaffhausen; Neu. Jahrb. f. Min., 1881, II, S. 42—76, Taf. IV.

94 Pyrazus bidentatus nach Tournouër, Sur le Cerith. bidentatum Grat. et sur le Cerith. lignitarum Eichw.; Crosse, Journ. de Conchyl. Janv. 1874, p. 1—8.

95 F. Foetterle, Die geolog. Verhältnisse der Gegend zwisch. Nikopoli, Plewna u. Jablanitza in Bulgar.; Verh. geol. Reichsanst. 1869, S. 191 u. folg.

96 Insb. Th. Fuchs u. F. Karrer, Ueb. das Verhältniss des marinen Tegels zum Leithakalke; Jahrb. geol. Reichsanst. 1871, XXI, S. 67—122.

97 A. E. Reuss, Die marin. Tertiärschichten Böhmen's; Sitzungsber. Ak. Wien, 1860, XXXIX, S. 207—285, 8 Taf.

98 J. Wolf, Verh. geol. Reichsanst. 1862, S. 52; Weihon bei Seelowitz 185·05 W. Klaft., Urbaniberg b. Austerlitz 187·72 Klaft., Kopaninberg b. Wischau 185·0 Klaft.

99 Am Hranitzki Kopec; Wolf, Verh. geol. Reichsanst. 1863, S. 20.

100 Abich, Beitr. zur Paläont. des asiat. Russlands (aus d. Mém. Ac. Petersb.) 1858, u. an and. Ort.; auch Koenen vermuthet nach diesen Angaben das Auftreten des Nummulitengebirges am Aralsee unter den oligocänen Ablagerungen; Bull. soc. imp. Nat. Moscou, 1868, XLI, a, p. 171.

101 H. Trautschold, Traces de l'Etage tongrien près de Kamyschloff; Bull. de la Soc. Ouralienne, Ekaterinoslaw, 1882, VII, p. 21—23, u. insb. A. P. Karpinsky, Sédiments tert. du versant oriental de l'Oural; eb. das. VII, p. 60—72.

102 N. Barbot de Marny, Geol. Beschreibung des Gouv. Kherson, 8°, S. Petersb. 1869, S. 150 (in russ. Sprache).

103 H. Abich, Einl. Grundzüge d. Geol. d. Halbinseln Kertsch u. Taman; Mém. Ac. Petersb. 1865, 7. ser. IX, S. 9 u. folg.; Nic. Andrussow, Beobachtungen üb. geol. Untersuch. in d. Umgebung d. Stadt Kertsch (in russ. Sprache); Neuruss. naturf. Gesellsch. 1883, XI u. Verh. geol. Reichsanst. 1884, S. 190—194; Hr. Abich hat die Güte gehabt, mir die an noch östlicheren Punkten gesammelten Stücke mitzutheilen, und, nachdem der Vergleich nicht zu einem entscheidenden Urtheile berechtigte, neue Aufsammlungen einzuleiten, deren Erfolg abzuwarten ist. — Alle bei Tschokrok gesammelten Conchylien der II. Stufe sind sehr klein.

104 K. A. Zittel, Beitr. z. Geol. u. Paläont. der libyschen Wüste u. der angrenzend. Gebiete v. Aegypten; 4° Cassel 1883, S. CXXVIII—CXXXII. Das Vorkommen in der Cyrenaica ist besonders durch seitherige Funde Schweinfurth's bei Tobruk sichergestellt worden; eb. das., S. CXXXI, Note.

105 E. Beyrich, Ueb. geogn. Beobachtungen G. Schweinfurth's in d. Wüste zwischen Cairo und Suës; Sitzungsb. Akad. Berlin 1882, X, S. 163—182, T. IV, V.

106 Th. Fuchs, Die geol. Beschaffenheit der Landenge von Suez; Denkschr. Akad. Wien 1877, XXXVIII, S. 25—42 u. Beitr. z. Kenntniss d. Miocänfauna Aegyt. u. d. libyschen Wüste; in Zittel's Beiträgen, S. 21—66.

107 Untersuch. üb. d. Charakter d. österr. Tertiärablagerungen; Sitzungsb. Akad. Wien, 1866, LIV, 1. Abth., S. 87—152.

108 Fr. Schmidt, Briefe an F. v. Richthofen, Zeitsch. deutsch. geol. Ges. 1877, XXIX, S. 830 u. 837.

109 Th. Fuchs, Ueb. d. Natur d. sarmatischen Stufe u. deren Analoga in d. Jetztzeit u. in früheren geol. Epochen; Sitzungsb. Akad. Wien, 1877, LXXV, S. 321—339.

110 R. Hoernes, Sarmat. Ablagerungen in d. Umgebung von Gratz; Mitth. naturw. Ver. f. Steierm. 1878, S. 4 u. folg.

111 A. Bittner, Ueb. d. Charakter d. sarmat. Fauna d. Wiener Beckens; Jahrb. geol. Reichsanst. 1883, XXXIII, S. 131—150.

112 Manche dieser Arten sind wohl zuweilen aus anderen Gebieten, wie z. B. aus der I. Stufe (Schweizer Molasse) angeführt worden, doch haben die Citate in einer strengeren Prüfung der Vorkommnisse selbst keine Bestätigung gefunden.

113 Z. B. J. Sinzow in d. Schriften d. neuruss. naturf. Gesellsch. in Odessa, 1875, III u. 1877, V; Barbot in Geol. d. Gouv. Kherson, S. 151 u. folg.: auch Hoernes, Fauna d. sarmat. Ablager. v. Kischineff in Bessarab.; Jahrb. geol. Reichsanst. 1874, XXIV, S. 33—45, Taf. II, III; A. E. Reuss, Tert. Bryozoen v. Kischinew; Sitzungsb. Akad. Wien 1869, LX, 1. Abth. S. 505—512; F. Karrer u. J. Sinzow: Ueb. d. Auftreten des Foraminif. Genus Nubecularia im sarmat. Sande v. Kischinew; eb. das. 1876, LXXIV, 1. Abth. S. 272—284 u. Taf.

114 K. Peters, Phoca pontica Eichw. bei Wien; Sitzungsb. Akad. Wien, 1867, LV, 2. Abth., S. 110—113; J. F. Brandt, Untersuch. üb. die foss. u. subfoss. Cetaceen Europa's; Mém. Ac. Pétersb. 1873, 7. sér. XX, und Ergänzungen, ebendas. 1874, 7. sér. XXI; P. J. van Beneden, Les Pachyacanthus du Musée de Vienne; Bull. Acad. Belg. 1875, 2. sér. XL.

115 An dem reichsten Fundorte bei Wien, in Nussdorf, zeigt sich der sonderbare Umstand, dass zwei Thiere, ein Säugthier und ein Fisch, durch Hyperostose, d. i. durch eine ganz absonderliche Anschwellung der Knochen ausgezeichnet sind. Der Sirenide, auf welchen Brandt die Gattung Pachyacanthus gründete, zeigt dieses Merkmal in so hohem Grade, dass der Rückenmarks-Canal an einem guten Theile der Wirbelsäule auf einen engen Spalt zusammengedrängt wird; in geringerem Maasse ist diese Erscheinung auch an lebenden Sireniden, wie van Beneden meint, vorherrschend an alten Individuen, zu beobachten. Bei dem Fische, Caranx carangopsis, sind die Wirbelkörper so vollständig überwuchert, dass nur an den concaven Endflächen der Wirbel überhaupt als solcher erkennbar ist, und die Rippen sind mit grossen blasenartigen Auftreibungen bedeckt (F. Steindachner, Beitr. z. Kenntn. d. foss. Fischfauna Oesterreich's; Sitzungsb. Akad. Wien 1859, XXXVII, S. 685—694, Taf. V—VII). Dieser Fisch ist dem Caranx carangus der Antillen und Brasilien's verwandt, welcher ähnliche Auftreibungen einzelner Skelettheile häufig zeigt. Hr. Steindachner erklärt mir jedoch, dass trotz des Zusammentreffens dieser Erscheinung in so allgemeinem und ausserordentlichem Grade bei den Individuen zweier ganz verschiedener Thiere hieraus ein Schluss auf eine abnorme Zusammensetzung des Meerwassers nicht gestattet sei, indem solche Verdickungen bei Sparoiden, Sciaenoiden, Carangiden, Taenoiden u. A. nicht selten seien, namentlich bei grösseren Individuen, und zwar in normalem Wasser. Sie ist in verschiedenen anderen Gruppen von Wirbelthieren, und auch bei menschlichen Individuen bekannt. Die Vorkommnisse von Nussdorf hat auch P. Gervais beschrieben; De l'Hyperostose chez l'homme et chez les animaux; Journ. de Zool. 1875, IV, p. 282, 455.

116 V. Hilber, Geol. Studien in den ostgaliz. Miocän-Gebieten; Jahrb. geol. Reichsanst. 1882, XXXII, S. 309 u. folg.

117 V. Hilber, Ueb. d. Miocän, insb. üb. d. Auftreten sarmatischer Schichten bei Stein in Krain; eb. das. 1881, XXXI, S. 473—478.

118 F. Toula, Die sarmat. Ablag. zwischen Donau u. Timok; Sitzungsb. Akad. Wien, 1877, LXXV, 1. Abth., S. 113—144 u. Taf.; dess.: Grundlinien d. Geol. d. westl. Balkan; Denkschr. eb. das. 1881, XLIV, S. 39.

119 F. v. Hochstetter, Die geol. Verhältnisse d. östl. Theiles der europ. Türkei; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 401.

120 K. Peters, Grundlin. z. Geogr. u. Geol. der Dobrudscha; II; Denkschr. Akad. Wien, 1867, XXVII, S. 51—52.

121 R. Hoernes, Ein Beitr. z. Kenntn. foss. Binnenfaunen; Sitzungsb. Akad. Wien, 1876, LXXIV, 1. Abth., S. 7—34; Frank Calvert u. M. Neumayr, Die jungen Ablagerungen am Hellespont; Denkschr. Akad. Wien, 1880, XL, S. 360 u. folg.

122 Das Kärtchen bei J. S. Diller, Notes on the geol. of the Troad; Quart. Journ. geol. Soc. 1883, XXXIX, p. 628.

123 L. Burgerstein, Geol. Untersuch. im SW. Theile der Halbinsel Chalkidike; Denkschr. Akad. Wien, 1880, XL, S. 325.

124 Die Halbinsel von Sinope sollte mit Rücksicht auf die Angaben von Brauns wohl neuerlich besucht werden; Tchihatcheff, Asie Mineure, Géol. III, p. 150.

125 N. Barbot de Marny, Ueb. die jüngeren Ablagerungen d. südl. Russland; Sitzungsb. Akad. Wien, 1866, LIII, S. 339—342; Hilber, Jahrb. geol. Reichsanst. 1882 S. 311 u. an and. Ort.; Lor. Teisseyre, Der podolische Hügelzug der Miodoboren als ein Sarmat. Bryozoën-Riff; eb. das. 1884, XXXIV, S. 299—312; E. v. Dunikowski, Geol. Untersuch. in Russ. Podolien; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1884, S. 55, 63.

126 H. Abich, Prodromus einer Geol. d. kaukasischen Länder, 4°, 1858, S. 152 u. folg.

127 E. Tietze, Bemerk. üb. d. Tektonik d. Albursgebirges in Persien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 392.

128 V. v. Möller, Paläont. Beiträge u. Erläut. z. Briefe Danilewsky's üb. die Resultate seiner Reise an d. Manytsch; Mél. phys. chim. Ac. Petersb. 1878, XI, S. 55—76.

129 F. Karrer, Ueb. d. Verhältn. d. Congerien-Sch. z. sarmat. Stufe bei Liesing; Jahrb. geol. Reichsanst. 1868, XVIII, S. 273—276; Th. Fuchs, Ueb. ein neuartiges Vorkommen v. Cong.-Schicht. b. Gumpoldskirchen; eb. das. 1870, XX, S. 128—130.

130 Dies ist der ‚Belvedere-Schotter' der Wiener Geologen. Er entspricht dem Schotter von Eppelsheim im Mainzer Becken u. von Balta in Podolien, sowie dem Dinotherien-Sande des Juragebirges.

131 Th. Fuchs, eb. das.; F. Karrer, Geol. d. Franz Jos.-Hochquell.-Leitung; Abh. geol. Reichsanst. 1877, S. 250 u. folg. Der Eichkogel bei Mödling ist 1146' hoch, doch besteht die höchste Kuppe aus Süsswasserkalk, welcher der pontischen Stufe aufgesetzt ist.

132 J. Heckel, Jahrb. geol. Reichsanst. 1851, II, Verh. S. 157; wahrscheinlich ein Brosmius, dem heutigen Dorsch verwandt; Th. Fuchs, Ueb. die Fischfauna d. Congerien-Schichten; Verh. eb. das. 1871, S. 227: Beryx, ein Clupeoide u. vielleicht im Scomberoide. Die sarmatische Gattung Cetotherium steigt in die pontischen Ablagerungen Süd-Russland's auf; Fuchs eb. das. 1871, S. 303.

133 Aus der ziemlich reichen Literatur nenne ich nur: Für die Gegend von Turin: Fuchs, Studien u. s. w. Sitzungsb. Akad. Wien, 1878, LXXVII, 1. Abth., S. 419; für Livorno u. die Westküste, dann für Ancona u. Sinigaglia mit dem entsprechenden Theile der Ostküste: G. Capellini, La formaz. gessosa di Castellina marit.; Mem. Ac. Bologna, 1874, 3. ser. IV; dess.: Gli Strati a Congerie e le Marne compatte mioc. dei Dintorni di Ancona; Mem. Ac. Lyncei 1879, 3. ser. III; ferner dess.: Gli Strati a Cong. o la formaz. gessoso-solfifera n. prov. di Pisa e nei dint. di Livorno; eb. das. 1880, 3. ser. V; S. de Bosniaski, Cenni sopra l'ordinam. cronol. e la Natura dei Strati terz. sup. nei Monti Livornesi; Rendic. Soc. Tosc. Scienz. Nat. Pisa, 6. lugl. 1879, u. dess. La formaz. gessosa e il Secondo Piano Mediterr. in Italia, eb. das. 14. Nov. 1880; für den Süden u. für Sicilien: G. Seguenza, Le formaz. terz. n. prov. di Reggio; Mem. Ac. Lyncei 1880, 3. ser. VI, insb. p. 161 u. folg.; Ipp. Cafici, La formaz. gess. del Vizzinese e del Licodiano; Boll. com. geol. 1880, p. 37—54; E. Cortese, Brevi cenni s. geol. d. parte NE. della Sicilia; eb. das. 1882, XIII, p. 331—334; S. Mottura, Append. alla Mem. s. form. terz. n. Zona Solfifera d. Sicilia; Mem. Comit. Geol. 1872, II; E. Stöhr, Sulla posic. geol. del tufo e del tripoli n. zona solfif. d. Sicil.; Boll. com. geol. 1878, IX, p. 498 u. folg.

134 S. de Bosniaski, La formaz. gess. p. 11 u. an and. Ort.; hieher gehört auch die von Sauvage beschriebene Fischfauna von Licata.

135 M. Neumayr, Ueb. d. geol. Bau der Insel Kos u. üb. die Gliederung d. jungtert. Binnenablagerungen des Archipels; Denkschr. Akad. Wien, 1879, XL, S. 255, 279.

136 G. Seguenza, Le formaz. terz. nella prov. di Reggio (Calabr.), Atti Accad. Lync. 1880, ser. 3, VI, p. 160, 175 u. an and. Ort.

137 G. v. Rath, Ein Ausflug nach Calabrien, 8° 1871, hat eine von mir entworfene Skizze des M. Jejunio u. des Berges von Gerace veröffentlicht, welche dieses Verhältniss sichtbar werden lässt. Der links unterhalb der höchsten Masse des Jejunio aufragende conische Gipfel soll noch einen Lappen von tertiärem Sande tragen, doch habe ich denselben nicht erstiegen.

138 A. Bittner, Der geol. Bau von Attika, Boeotien, Lokris u. Parnassis; Denkschr. Akad. Wien, 1878, XL, S. 12.

139 Puillon de Boblaye et Th. Virlet, Expéd. scient. de Morée, t. II, 2, Géol. et Minér. 4°, Paris, 1833, p. 214.

140 Ueber die Wohnsitze d. Brachiopoden, II, Sitzungsb. Akad. Wien, 1860, XXXVIII, S. 159; Ueb. die einstige Verbindung N.-Afrika's mit S.-Europa; Jahrb. geol. Reichsanst. 1863, XIII, S. 26, 27; dann L. Tausch, Die von Prof. C. Doelter auf den Capverden gesammelten Conchylien; Zeitschr. deutsch. Malak. Ges. 1884, S. 181—188 u. A.

141 R. Tournouër in Fischer et Tournouër, Invert. foss. du Mont Léberon (Gaudry, Animaux foss. du M. Léb. 4°, 1873) p. 163—170.

142 F. Fontannes, Bull. soc. géol. 1882, 3. sér. XI, p. 116, 117.

143 Mse. T. A. di Monterosato, Not. int. alle Conch. foss. di M. Pellegrino e Ficarazzi; 8° Palermo, 1872; die nordischen Arten liegen (p. 17) bei Ficarazzi in einer besonderen Schichte; auch dess. Catalog. delle Conchigl. foss. etc.; Boll. com. geol. 1877, VIII, p. 28—42.

144 P. Fischer, Paléont. des Terr. Tert. de l'Ile de Rhodes; Mém. Soc. géol. 1877, 3. sér. I, p. 40—44.

145 Neumayr, Kos, S. 252.

146 Seguenza, Prov. di Reggio, p. 237, 315, 336 u. insb. 345 u. folg. Piano Siciliano mit nordischen Conchylien wird als ‚Pleistocän' zum Tertiär, ‚Piano Saariano', welches in seinem älteren Theile dieselben nordischen Arten enthält, zum Quaternario gestellt, u. die Recurrenz der wärmeren Formen fällt in das jüngere Saariano; diese Versuche einer Classification zeigen deutlich genug die Schwierigkeit des Gegenstandes. Eine etwas abweichende Darstellung der Lagerungsverhältnisse bei Reggio gibt Mantovani, Alc. osserv. nei terr. terz. dei dintorni di Reggio Cal.; Boll. com. geol. 1878, p. 443—468.

147 Th. Fuchs, Die Tertiärbildungen von Tarent; Sitzungsb. Akad. Wien, 1874, LXX, S. 193—197.

148 W. Kobelt, Verzeichn. der von mir bei Tarent gesamm. foss. Conch.; Jahrb. deutsch. malak. Ges. 1874, I, S. 65—77; die Uebereinstimmung dieser Ablagerungen mit jenen von Lentini in Sicilien betonen Fuchs u. Bittner, Die Plioc. Bildungen v. Syrakus u. Lentini; Sitzungsb. Akad. Wien, 1875, LXXI.

149 C. de Stefani, Sedim. sottomar. dell' epoca postplioc. in Italia; Boll. com. geol. 1876, VII, p. 272—289; auch Neumayr, Kos, S. 251.

150 Kobelt, Jahrb. malak. Ges. 1874, I, S 347—352.

151 Für seine Standorte J. R. Lorenz, Phys. Verh. u. Vertheil. d. Organism. im Quarner. Golfe, 8°, 1863, S. 328.

152 Zu ähnlichen Resultaten gelangten z. B. P. Fischer, Ile de Rhodes, p. 42 u. schon Philippi, Enum. Moll. Sic. 1844, II, p. 271.

153 Neumayr, Kos, S. 273 u. folg. u. Zur Geschichte d. östl. Mittelmeerbeckens; Virchow u. Holtzendorff's Samml. gemeinverst. wiss. Vortr. Heft 392; Berlin, 1882.

154 Th. Fuchs, Stud. üb. d. jüngeren Tert. Bildungen Griechenland's; Denkschr. Akad. Wien, 1877, XXXVII, 2. Abth., S. 1—42.

155 Calvert u. Neumayr, Junge Ablag. am Hellespont, S. 366 u. 368. Spratt kannte bereits im J. 1856 nicht nur die jungen mediterranen Meeresbildungen in den Dardanellen, sondern auch eine ähnliche Ablagerung zu Leftero-Khori in der Bucht von Salonich, S. vom Vardar; sie ist etwa 30 Fuss hoch, offenbar sehr jung, u. an Süsswasserbildungen gelehnt; On the Geol. of Varna and the neighb. parts of Bulgaria; Quart. Journ. 1856, XIII, p. 72—83; On the freshwater deposits of Euboea; eb. das. p. 177—184.

156 F. de Filippi, Note di un Viaggio in Persia; 8°, Milano, 1865, p. 318.

157 v. Helmersen, Beitr. z. Kenntniss d. geol. u. physikogeogr. Verhältnisse d. Aralokasp. Niederung; Bull. Ac. Pétersb. 1879, XXV, p. 513—549; insb. p. 543 u. folg.

Nach Starinow's historischen Untersuchungen würde die letzte Trennung in die Jahre 1540—1545 fallen.

158 V. v. Möller, am ang. Orte (Note 128).

159 Konschin, Reiseskizz. aus den Steppen Kara-Kum; Iswest. 1883, S. 315—332.

160 Helmersen, am ang. Orte, u. (Jakowlew): Zur Geol. der Aralokasp. Niederung; eb. das. 1883, XXVIII, p. 364—379. Die einstige Verbindung mit dem Asowschen Meere zeigt das Vorkommen lebender kaspischer Conchylien in demselben; E. v. Martens, Ueb. vorderasiat. Conchylien; 4°, 1874, S. 79.

161 F. W. Hutton, Sketch of the Phys. Geol. of the Island of Malta; Geol. Magaz. 1866, III, p. 145—152, pl. VIII, IX; A. Leith Adams, Notes of a Naturalist in the Nile Valley and Malta; 8°, 1870, p 75, 141—147, 174; die meisten dieser Brüche sind schon verzeichnet in des Earl of Ducie Geol. Map. of Malta, fol. 1854.

162 T. A. B. Spratt, On the Bone-Caves near Crendi, Zebbug and Melliha, in the Isl. of Malta; Quart. Journ. geol. Soc. 1867, XXIII, p. 296; Dolomieu hat schon früher aus anderen Gründen Aehnliches für Malta vorausgesetzt.

163 C. J. Forsyth-Major, Die Tyrrhenis; aus d. Zeitschr. Kosmos, 1883, XIII, vgl. die Bemerkungen auf S. 305.

164 A. Pomel, Géol. de la Petite Syrte et de la région des Chotts Tunisiens; Bull. soc. géol. 1878, 3. sér. VI, p. 217—224, auch: Le Sahara, p. 53.

165 L. M. Vidal y Eug. Molina, Bosquejo geol. de las Islas Ibiza y Formentera; Bol. Com. Mapa geol. 1880, VII, p. 91, lám. B.

166 Am weitesten gegangen sind in dieser Richtung A. C. Ramsay, The Geol. of Gibraltar and the opp. Coast of Africa and the History of the Med. Sea; Proc. Roy. Instit. 1879, VIII, p. 594—601 und Em. Blanchard: Les preuves de la formation récente de la Méditerranée; Comptes rend. 1881, t. 93, p. 1042—1048; dazu die Bemerkungen von Alph. Milne Edwards eb. das. p. 1048. Daubrée, p. 1050 u. Hébert, Observ. sur l'état de la Méditerr. à la fin de l'époque tert.; eb. das. p. 1117—1119.

167 A. Gaudry, Géol. de l'Ile de Chypre; Mém. soc. géol. 1859, 2. sér. VII, p. 233.

168 H. Abich, Geolog. Forschungen u. s. w. II, S. 427 u. folg. — ‚Um diese Störungen (die Erdbeben von Schemacha) in ihrem ganzen Umfange zu würdigen, muss die Ansicht als das Resultat sorgfältiger Untersuchung vorangestellt werden, dass der centrale Gebirgskamm der Kaukasus-Kette, mindestens von dem 11.900 Fuss hohen Babadag an, bis zur Meeresküste den nördlichen stehen gebliebenen Rand einer grossen Verwerfungsspalte bezeichnet, durch welche der Zusammenhang einer ursprünglich flachen Terrainwölbung in der Richtung ihrer Längenachse aufgehoben wurde, während der andere Gebirgstheil, in Folge einer allgemeinen, dem Kurathale zugewendeten Bodensenkung sich herabneigte und durch das Hinzutreten noch anderer longitudinaler Verwerfungen in eine Anzahl von Terrassen zerlegt wurde. . . . Geognostische Thatsachen, die ich auf Wanderungen längs der Küste des caspischen Meeres bis Lenhoran und Astara, wie im Talysch-Gebirge bis zum Plateau von Ardebil beobachtet habe, sprechen dafür, den Umfang dieses Einsenkungsgebietes nicht nur über die Kura-Thalebene, sondern auch auf die Südhälfte des caspischen Meeres auszudehnen'; H. Abich, Ueber eine im Caspischen Meere erschienene Insel; Mém. Ac. Petersb. 6. ser., t. VI, N° 5, p. 45.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die grosse Wüstentafel.

Sahara und Aegypten. — Süd-Arabien und Abessynien. — Sinai, Syrien und Nord-Arabien. — Suez und der Nil.

Die Sahara und Aegypten. Von der Mündung des Wadi Draa in den atlantischen Ocean erstreckt sich gegen Ostnordost bis an die mittelländische Küste nördlich von der kleinen Syrte die Grenze zweier Theile der Erdoberfläche, welche durch ihren Bau, wie durch die Zusammensetzung verschieden sind. Der nördliche Theil ist in Falten gelegt und besitzt eine sehr vollständige Schichtenreihe; der südliche Theil liegt flach, und über paläozoischen Schichten beginnt erst mit der cenomanen Transgression eine neue Reihe von Ablagerungen.

Dieser weite südwärts gelegene Theil ist es nun, welchen wir betrachten wollen. So unvollkommen unsere Kenntniss von demselben nach mancher Richtung auch sein mag, so gestattet doch die Einfachheit seines Baues bereits die Aneinanderfügung einer Anzahl von planmässigen Arbeiten, welche Fachgenossen in dem mittleren und östlichen Theile der grossen Tafel ausgeführt haben, und jener vereinzelten Beobachtungen, welche durch die bewunderungswürdige Hingebung von Männern, wie Duveyrier, Barth, Overweg, Nachtigal, de Bary, Roche und Oskar Lenz aus den entfernteren Theilen des Südens und Westens gesammelt worden sind.

Schon im Jahre 1872 hat Pomel in seiner bereits erwähnten trefflichen Schrift über die Sahara eine solche Uebersicht versucht. Das ganze westliche Guinea, sagt derselbe, bis zu der Grenze der Sommerregen zwischen Timbuktu und St. Louis würde, um 200 M. gesenkt, nur eine Insel oder Halbinsel von alten krystallinischen und Schiefergesteinen bilden. Der Atlas schliesst sich in seinem verwickelten Baue an Europa an. Die Sahara besteht bis zu den Syrten hinaus aus paläozoischen und cretacischen Schichten.[1]

Im Jahre 1881 knüpfte G. Rolland an seine eigenen, bis el Goléah ausgedehnten Beobachtungen und an die Arbeiten des unglücklichen Roche, des verdienten Mitgliedes der Expedition Flatters, eine kurze Uebersicht des Baues der gesammten Sahara, und veröffentlichte derselbe die erste geologische Karte des ganzen mittleren Theiles der Wüste von Figuig und Gurara im Westen bis zum schwarzen Gebirge im Osten und bis zum Gebirgslande der Ahaggar im Süden.[2]

Schon im vorhergehenden Jahre hatte K. Zittel, als ein Begleiter der Rohlfs'schen Expedition in die libysche Wüste, eine geologische Karte des Ostens veröffentlicht, welche vom Rothen Meere bis zur Oase Siuah und südwärts bis in die Breite von Edfu reicht. Im Jahre 1883 aber, und nachdem seither Oskar Lenz seine denkwürdige Reise durch den Westen nach Timbuktu glücklich ausgeführt hatte, konnte es Zittel unternehmen, ein weit vollständigeres Bild der gesammten Wüste zu entwerfen, als seine Vorgänger.[3]

Wir wollen zunächst den Rand der Wüstentafel gegen das gefaltete Gebirge verfolgen. Im Westen allerdings ist unsere Kenntniss trotz der neueren Forschungen von Fritsch[4] und Lenz[5] noch immer eine äusserst unvollständige. Schon die Thatsache, dass im äussersten Westsüdwest eine selbständige, aus alten Felsarten bestehende Kette, der Anti-Atlas, sich einschaltet, zeigt, dass dort, trotz der Uebereinstimmung in der Streichungsrichtung des Gebirges, doch vom Osten wesentlich verschiedene, heute nicht zu überblickende Verhältnisse herrschen.

Im östlichen Marokko und von Figuig ostwärts besteht der geradlinige äussere Saum des Gebirges (S. 296) aus aufgerichteten cretacischen Schichten. ‚Nichts,' sagt Rolland, ‚kann schlagender

sein, als die letzten Falten des Djebel-Amour, welche sich geradlinig und zuweilen fast vertical im Angesichte der Unermesslichkeit der Sahara erheben, indem sie plötzlich auftauchen aus dem Mantel von jungen Aufschüttungen, welcher Alles ausgeglichen hat weit gegen Süd bis an die Grenzen des Horizontes. Ein Beispiel ist der Djebel-Tizigrarin oder Fels der Hunde, auf welchem die Stadt Laghouat erbaut ist, ein vereinzelter Kamm, scharf und ausgezackt, aus Kalkbänken gebildet, welche 45° Südost fallen.'[6]

Westlich von Biskra ist ein Einbruch vorhanden, etwa wie bei Salzburg oder bei Wien, welcher die im Gebirge liegende Niederung der Hodna mit dem Vorlande verbindet. Oestlich von Biskra aber, wo ausser cretacischen Schichten auch Nummulitenkalk an dem äusseren Rande sichtbar ist, und wo die Schwenkung der Ketten in der Richtung des Cap Bon und gegen Sicilien hervortritt, stellen sich Vorketten ein und es geht die scharfe Einfachheit der Grenze hiedurch verloren.

Innerhalb dieser Ketten liegt die cenomane Stufe regelmässig auf dem Gault und der unteren Kreide, diese auf Jura; ältere Glieder werden erst weiter im Norden sichtbar. Treten wir nun in die Region der Sahara hinaus, so zeigt sich zuerst, dass es von der Cenomanstufe aufwärts dieselbe petrographische und paläontologische Entwicklung der Kreideformation ist, welche die Falten des Kettengebirges und auch die Hamada's, d. i. die Steinwüsten des Vorlandes bildet. Während aber diese mächtigen cretacischen Ablagerungen im Gebirge auf ihrer normalen Unterlage ruhen, liegen sie im Südwesten von Figuig, eine Tagreise südlich von Djorf et Torba, schon auf Devon, und es ist daher in nicht allzugrosser Entfernung vom Saume des gefalteten Gebirges die ganze untere und mittlere Reihe der mesozoischen Ablagerungen verschwunden.

Ebenso verschwindet der Nummulitenkalk, welcher in dem östlichen Saume des Gebirges vorhanden ist, in dem vorliegenden Wüstenlande, in welchem er erst weit im Osten, in der libyschen Wüste, wieder auftritt; wenigstens ist es bisher nicht gelungen, denselben in der Gegend der Schotts nachzuweisen. Dies könnte der Abrasion zugeschrieben werden, welcher eine so ausserordentlich wichtige Rolle in der Gestaltung der Sahara zufällt; aber die

Mediterranschichten mit Ostrea longirostris, welche innerhalb der Ketten in Constantine vorkommen, erscheinen auch an den Rändern der Schotts.

Vergleicht man nun die Beziehungen dieses östlichen Theiles des gefalteten Gebirges zu seinem Vorlande etwa mit den Beziehungen der Karpathen zu der russischen Tafel, so ergibt sich, dass in Nordafrika an dem äusseren Gebirgssaume wohl steile Aufrichtung, aber nicht Ueberschiebung getroffen wird, und ferner dass eine mächtige Schichtreihe, die mittlere und obere Kreide, mit unveränderten Merkmalen in das Vorland fortsetzt; sie ist von den grossen Tafelbergen desselben nur durch eine allerdings breite Zone von sehr jungen Schuttbildungen getrennt. Eine ganz auffallende Uebereinstimmung beider Gebiete besteht dagegen in Bezug auf die Lückenhaftigkeit der Ablagerungen im Vorlande, die Transgression, welche mit der Cenomanstufe beginnt, und die flache Lagerung des Vorlandes.

Die Zone der Schotts, welche sich bei Gabes dem Mittelmeere nähert, gehört schon ganz dem Vorlande an. Dru hat eine sehr lehrreiche Schilderung des Schott el Fedjej und des westlich mit demselben zusammenhängenden Schott el Djerid geliefert.[7] Ein etwa 140 Kilom. langer Steilrand, welcher von Gabes westwärts bis zur Anschwellung von Kriz reicht, sich noch westlich in den Sporn von Nefta fortsetzt, und in seinen höchsten Theilen 400—500 M. erreicht, bildet den gemeinsamen Nordrand beider Schotts. Die Mitte desselben, welche nur 250—300 M. hoch ist, besteht aus der Cenomanstufe,[8] während gegen seine beiden Enden die jüngeren Glieder der Kreideformation sich anschliessen, und die mediterranen Ablagerungen mit Ostrea longirostris da und dort in zerbrochenen und auf untergeordneten Verwerfungen abgesunkenen Schollen sichtbar sind. Der südliche Rand ist auch ein Steilrand, bis 350 M. hoch, aber in seinem Verlaufe unabhängig von dem nördlichen und beträchtlich kürzer als dieser. Er dehnt sich auch von Ost gegen West, ist aber gegen Süd convex und endet im Westen mit einem Sporn, welcher beide Schotts trennt. So hat der östliche, Schott el Fedjej, gegen Nord und gegen Süd steile, felsige Abstürze, der westliche, Schott el Djerid, dagegen nur gegen Nord, gegen Süden aber ein unbestimmtes Flachufer.

Dru meint, eine Erhebung habe Ursache gegeben zu einem gewaltigen Einbruche, und vergleicht die Schotts mit einem Knopfloche, ähnlich der öfters genannten ,Boutonnière' des pays de Braye. Die Thatsache, dass alte Strandlinien bis ziemlich an die Kammhöhe der Schwelle von Gabes reichen und dennoch jüngere Meeresspuren selbst in den weiter im Westen bis unter das Niveau des Meeres hinabsinkenden Theilen der Schotts nicht mit Sicherheit nachweisbar sind, scheint mir auf ein sehr geringes Alter dieses Einbruches hinzudeuten.

Die Anordnung der Gesteine in der grossen Tafel der Sahara ist nun eine solche, dass die ältesten im Süden und im Osten, die jüngeren im Norden und insbesonders in der Richtung gegen die Nilmündungen hin angetroffen werden.



Fig. 41. Beiläufige Vertheilung der Formationen in der Wüste Sahara.

A Archaisch; *p* Paläozoisch; *cr* Mittlere und obere Kreide; t_1 Eocän; t_2 Zweite Mediterranstufe und jüngere Bildungen.

Das kleine Vorkommen paläozoischer Ablagerungen auf der Sinaitischen Halbinsel konnte sowie viele andere Einzelheiten bei der Kleinheit des Maassstabes nicht verzeichnet werden.

Die erste und älteste Zone bilden Granit und Gneiss, zuweilen in Verbindung mit altem Schiefer und Quarzit. Dieser ersten Zone rechnen wir die Granithöhen zu, welche Lenz in el Eglab am südlichen Rande der grossen westlichen Sandwüste Igidi antraf. Ferner ist hieher das Hochgebirge Ahaggar zu rechnen, in dessen Innerem Duveyrier nach losen Geschieben auch das Vorkommen

vulkanischer Berge vermuthet. Das Granit- und Gneissgebirge tritt nordwärts bis an den Südrand der Tafelberge von Mujdir und Tasili heran, und umfasst das Quellgebiet des Wadi Igharghar. In dem Stocke von Egere lagern Basaltströme in Thälern dieser alten Felsarten.

Barth und Bary haben, nach Aïr reisend, den Ostrand des Ahaggargebirges umgangen und es hat der Letztere eine genaue Aufzählung der Vorkommnisse hinterlassen; diese Reise hat aber sein Leben gekostet, und wieder stehen wir vor dem Namen eines jener zahlreichen Opfer, welche die Erforschung des Erdballes fordert.[9]

Nun weiss man, dass südlich von Ghât, nachdem die Tafelberge von Sandstein und namentlich die Fortsetzungen des Tasili gekreuzt sind, auch hier granitischer Boden erreicht wird, welcher den Untergrund weit gegen Süd, bis gegen Aïr bildet, dem aber noch mehrere abgetrennte Sandsteintafeln aufgelagert sind, von welchen insbesondere eine im Süden von Falesles und eine zweite, viel weiter im Süden, nahe der nördlichen Grenze von Aïr gelegene zu erwähnen sind. Es ist wohl anzunehmen, dass sie die Ausläufer der grossen ebenen Hamada's sind, welche sich ostwärts gegen die Oase Kauâr über eine weite Fläche ausdehnen.

Sandstein und Granit sind streckenweise von Basalt begleitet; es erscheinen auch Amphibolschiefer und Gneiss. Aïr selbst besteht aus Granit; in der Gegend von Adschiro sind vulkanische Bildungen vorhanden, so namentlich der Vulkan Tekinduhir, dessen Lavafeld sich bis in die unmittelbare Nähe von Adschiro erstreckt.

Das Tümmogebirge ist vornehmlich aus Sandstein gebildet und die Aufzeichnungen von Rohlfs und Nachtigal auf der Linie vom Tümmo zum Tsadsee lassen das südliche Vordringen der Sandsteintafeln deutlich erkennen. Die steilen, vereinzelten Felsblöcke, welche in einzelnen Ortschaften in Kauâr als Zufluchtsstätten gegen feindliche Ueberfälle dienen, bestehen aus demselben horizontal geschichteten Sandstein; in Dibbela herrscht er auch noch; erst südlich davon, im Gêissiger Gebirge, erwähnt Rohlfs das erste Auftreten von Granit und in Agadem hat Nachtigal geschichteten Kalkstein getroffen.[10]

Es ist daher die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die flach gelagerten Sedimente des Nordens von Ghât südwärts bis in jene Niederung reichen, welche heute in dem Wasser des Tsad den Rest eines früher weit grösseren Binnensee's trägt.

Wir betreten nun das Gebirgsland der Tibesti und treffen zunächst auf den 2500 M. hohen vulkanischen Tarso, an dessen Kraterrand im September 1869 Nachtigal seine gefahrvolle Flucht aus Bardaï ausführte. An der Südwestseite des Vulkans werden Granit und Sandstein erwähnt; unbekannt ist die weitere Zusammensetzung des gegen Südost sich fortsetzenden Gebirges; an seiner Südseite liegt in Borkû, nördlich von der Oase Budu der Tafelberg Koroka, aus demselben geschwärzten Sandstein gebildet, welcher hier so viele Verbreitung gewinnt.[11]

Unbekannt ist auch die Zusammensetzung des weiter gegen Südost liegenden Gebirgsstockes in Ennedî und bis nach Darfur fehlt uns jede Andeutung über den geologischen Bau des Landes. Hier aber beginnen jene ausgebreiteten Flächen, aus denen in vereinzelten Stöcken und Knollen das archaische Gebirge hervorragt, welches den ganzen Untergrund von Kordofan und Sennaar bis fast in die Nähe von Chartum ausmacht. Von hier erstreckt sich dasselbe bis an das Rothe Meer und an demselben sehr weit nach Norden, ja bis an den Golf von Suez, um, wie sich später zeigen wird, in dem Gebirgsstocke von Sinai seine Fortsetzung nach Arabien zu finden.

Die Westgrenze dieses östlichen, vorherrschend aus Granit, Gneiss und Amphibolgesteinen aufgebauten Gebietes ist aber eine sehr unregelmässige und Lappen von sedimentärem Gestein greifen von Westen über dasselbe herein. Es tritt dasselbe an mehreren Stellen bis an den Nil vor, und bildet die Katarakten in diesem Strome; erst unterhalb Assuan ist es auf eine weniger breite, dem Meeresufer parallele Zone beschränkt.

Im Südosten ist dieser archaischen Region das weite vulkanische Gebiet von Abessynien und Schoa aufgesetzt, welches durch die Mannigfaltigkeit seiner Gebirgsformen ausgezeichnet ist.

So weit wir demnach die Sachlage heute zu überblicken vermögen, zeigt die archaische Unterlage der Sahara folgende Begrenzung.

Sie erscheint in el Eglab an dem Südrande der grossen Wüste Igidi, folgt wahrscheinlich dem südlichen Rande der Wüste bis zum Gebirge Ahaggar, umfasst dieses und weicht südlich von Ghât weit nach Süden zurück. Hier ist südwärts bis gegen Aïr die Grenze eine unbestimmte, wegen des Uebergreifens von Tafelbergen von Sandstein; archaisches Gebirge taucht erst wieder in den Gêissiger Bergen nördlich von Agadem und an den Abhängen des Tarso (Togargebirge) hervor. Dann bleibt die Nordgrenze durch eine sehr lange Strecke unbekannt; weiter im Osten läuft sie durch das nördliche Darfur und Kordofan; endlich wendet sich das alte Gebirge weit nach Norden und bildet auf diese Weise eine weite Schale.

Die zweite Zone der Sahara ist von devonischem und carbonischem Alter. Es hat Stache nach den von Lenz aus der westlichen Wüste gebrachten Stücken gezeigt, dass marine carbonische Schichten zwischen dem Atlas und der Wüste Igidi auf grosse Strecken hin den Untergrund bilden.[12] Den paläozoischen Kalkstein, welcher weit im Norden, bei Djorf et Torba, die Kreide unterlagert, habe ich bereits erwähnt. Am Ostrande der Sandwüste, bei Gurara, im Tidikelt treten paläozoische Gesteine hervor, und sie bilden, flach gelagert, jene Zone von Tafelbergen an dem Nordsaume des Ahaggargebirges, zu welcher Mujdir, Irauen, Tasili, Egele, Akakus bei Ghât, in weiterer Fortsetzung Amsak und Andere gehören. Man hat an mehreren Stellen devonische Versteinerungen angetroffen, doch fehlt es in der Gegend von Murzuk nicht an carbonischen Spuren.[13]

Die geschwärzten Sandsteine von Tasili, welchen devonisches Alter zugeschrieben wird, scheinen dieselben zu sein, welche wir soeben bis an die Nordgrenze von Aïr, ja sogar bis nach Borkû verfolgt haben.

Diese Zone ist im Westen breit, scheint ihre geringste Breite südlich von Timassinim am Nordrande der Berge von Ihaggar zu haben, und erweitert sich dann gegen Nord, wie das Vorkommen devonischer Fossilien an dem Brunnen el Ḥassi zeigt. Oestlich von Murzuk gehen aber ihre Spuren gänzlich verloren, und der gesammte Ostsaum hat bis zur sinaitischen Halbinsel bis jetzt noch keinen Nachweis paläozoischer Meeresablagerungen geliefert.

Die dritte Zone wird von cretacischen Gesteinen gebildet. Obwohl einzelne Schollen bereits auf marokkanischem Gebiete bekannt sind, wollen wir diese Zone erst mit dem grossen und zusammenhängenden cenomanen Steilrande beginnen lassen, welcher südlich von Laghouat hervortritt und über el Goléah gegen In Salah verläuft, dort scharf gegen Ost umbiegt und, die Tafelberge von Tademaut und jene von Tingert umfassend, endlich weithin den Südrand der grossen Hamada el Homra bildet. Alles innerhalb dieses grossen Steilrandes gelegene Gebiet bis zu den Schotts, also der ganze mittlere und untere Lauf des Wadi Igharghar sammt der grossen westlich von Ghadames liegenden Sandwüste fällt dieser Zone zu. Sie erhebt sich in der Richtung von Tripolis gegen das Mittelmeer und besitzt nahe am Meere die beträchtliche Höhe von 700 M.; dort, südlich von Tripolis, sind ihr einige junge vulkanische Kegel aufgesetzt.

Durch die Hamada el Homra setzt sich die cretacische Zone ostwärts in den Schwarzen Bergen zur libyschen Wüste fort, erscheint an dem Ostrande des grossen Sandmeeres wieder, bildet den Untergrund der Oasen Farafrah, Dachel und Chargeh, an deren Nordrand sie von der nächsten Zone bedeckt wird, und breitet sich dann südwärts ausserordentlich aus. Hier scheint sie allenthalben bis an das nördliche Kordofan hinauf unmittelbar an das archaische Gebirge anzuschliessen.

Im Nilthale selbst reicht sie bis zu den Ruinen von Theben, aber nördlich von diesem Punkte begleitet sie nur als ein schmaler Saum den Westrand jener alten Gesteine, welche das Rothe Meer vom Nilthale scheiden. Nördlich vom Kloster St. Paul erreicht sie endlich das Ufer des Rothen Meeres.

In ihrem ganzen östlichen Theile ist diese Zone an ihrer Basis von einer Sandsteinablagerung begleitet, welche als der ‚nubische Sandstein' bekannt geworden ist, welche ich hier in Uebereinstimmung mit Zittel und mit Lartet's ersten Publicationen zum Cenoman gerechnet habe, während, wie sich weiter zeigen wird, im Osten wahrscheinlich ältere Bildungen unter diesem Namen begriffen werden.

Hienach wäre das cretacische Gebiet im mittleren Theile der Sahara schmal, im Osten ausserordentlich breit; da jedoch Rohlfs

weit im Süden, südlich von Garo in der Oase Bilma, zum Tsadsee reisend, noch ‚Ammonshörner' notirte, ist die Möglichkeit vorhanden, dass ein Theil der in jener Richtung liegenden Reste von Tafelbergen nicht von devonischem, sondern auch noch von cretacischem Alter sei.[14]

Die vierte Zone bildet der Nummulitenkalk. Obwohl derselbe an dem Aufbaue der Gebirgsketten nördlich von den Schotts theilnimmt, ist er dennoch aus der ganzen westlichen und mittleren Wüstenregion bis heute nicht bekannt und stellt sich erst in Aegypten ein.

Diese Zone taucht zwischen den Oasen Siuah und Farafrah aus dem Sandmeere hervor, umfasst die Oase Beharieh, in welcher sie von einem vereinzelten Basaltstocke durchsetzt ist, und bildet beide Ufer des Nil vom Mokattam bei Kairo bis oberhalb des ersten Kataraktes, wo unter dem Nummulitenkalke die cretacische Zone und unter dieser die archaischen Felsen sichtbar sind.

An diese vierte Zone, deren westlicher Theil ganz unter dem Sandmeere liegt, schliesst sich, gleichsam eine fünfte Zone bildend, die zweite Mediterranstufe an. Sie erscheint in der Oase Siuah und zieht sich von dort gegen Nordost; man sieht sie im Flussthale des Nil nicht, doch erscheint sie östlich von demselben wieder, und sie erreicht an einer Stelle südwestlich von Suez das Rothe Meer. Einige Funde deuten darauf hin, dass die Cyrenaica aus solchen Ablagerungen bestehe.[15] Die Reste von Mediterranablagerungen mit Ostr. longirostris an den Schotts westlich von Gabes wurden bereits angeführt. —

Südarabien und Abessynien. Weit vom Westen her haben wir nun die Anordnung der geschichteten Gebirge verfolgt, welche den Untergrund der nordafrikanischen Wüstenregion bilden, und haben gesehen, wie zwischen dem Nil und dem Rothen Meere die archaische Unterlage derselben hervortritt. Es entsteht die Frage, ob die Ablagerungen der Wüstentafel wirklich hier ihr Ende erreichen, oder ob sie noch weiter gegen Ost fortsetzen. Um dies zu ermitteln, werden wir zuerst die jenseits vom südlichen Ende des Rothen Meeres liegenden Gebiete betrachten, und hierauf jene, welche jenseits von dem nördlichen Ende liegen.

Die erste Aufgabe ist wesentlich erleichtert durch Carter's Beschreibung der südarabischen Küste und dieser ist das Folgende entnommen.[16]

Râs Messandum in der Strasse von Hormuzd, oft für Basalt gehalten, besteht aus flach gelagertem, dunklem Kalkstein. Von hier erhebt sich das Gebirge allmälig zu beträchtlicher Höhe, so dass es oberhalb Maskat, abgesehen von höheren Gipfeln, etwa 6000 (engl.) Fuss misst; in diesen Höhen beginnt der weisse Nummuliten- und Alveolinenkalk sich zu zeigen, welcher auf den folgenden Küstenstrecken grosse Bedeutung erlangt. Die Stadt Maskat liegt auf einer grünen, diallagführenden Felsart, die als Euphotid bezeichnet wird; auch Diorit wird angeführt. Gegen Ost setzt der weisse Kalkstein fort; am Wadi Schâb zeigen seine Wände horizontale Schichtung; gegen Râs-el-Hadd nimmt die Höhe ab und dieses östlichste Vorgebirge ist eine flache und sandige Spitze.

Im Râs Djibsch treten die grünen Gesteine von Maskat wieder hervor; das Ufer wird ganz flach und die Sandwüste erreicht endlich das Meer, so dass man von der vorliegenden, etwa 600 Fuss hohen Insel Mosera weit landeinwärts blicken kann. Diese Insel besteht aus denselben grünen Felsarten; es sind ihnen hier einige Schollen von weissem Nummulitenkalk aufgelagert.

Auf dem Festlande kommt nun unter dem Wüstensande wieder der fossilienreiche Nummulitenkalk hervor; er bildet die Westseite der Bucht von Haschisch, dann die kleine Insel Hammar el-Nafur und reicht bis in die Nähe von Râs Djesireh.

Dieses Vorgebirge besteht abermals aus den grünen Felsarten von Maskat; zu seiner Rechten wie zur Linken erstrecken sich, so weit das Auge reicht, die horizontalen Bänke des lichten Nummulitenkalkes; sie bilden auch Râs Schirbedat; im Hintergrunde der nun folgenden Churian-Murian-Bucht tritt ein schwarzes Eruptivgestein hervor, welches nach aufwärts Gänge in die weissen Kalkbänke sendet. —

Wir sind jetzt an einer wichtigen Grenze angelangt, denn während seit Râs-el-Hadd sich die Abstürze an der Küste in mässigen Höhen bewegten, erhebt sich nun das Land plötzlich von Râs Nus an zu etwa 4000 (engl.) Fuss und behält mit einer

einzigen Unterbrechung, vor Râs Fartak, eine sehr beträchtliche Höhe bis zur Strasse Bab-el-Mandeb.

Hier tritt auch zum ersten Male Granit hervor. Er bildet die Churian-Murian-Inseln und ist auf denselben von den grünen Gesteinen von Maskat begleitet; einzelne Kalkschollen sind ihm aufgelagert. Auf Râs Nus selbst reicht der Granit etwa 1200 Fuss hoch hinauf; den höheren Theil bildet Kalkstein. Nun senkt sich die Oberfläche des Granits und bei Marbat liegt ihm eine wohlgegliederte Reihe von Schichten auf.

Das erste Glied dieser Reihe ist gelblicher und brauner, glimmerreicher Sandstein, etwa 1700 Fuss mächtig, ohne orga-



Fig. 42. Marbat an der arabischen Südküste (nach Carter).

Im Vordergrunde Granit; am Fusse des Gebirges junge Meeresbildungen; *a* Sandstein, grösstentheils von Schutthalden bedeckt; *b* petrefactenreicher bunter Mergel des Cenoman; *c* ober-cretacischer Kalkstein.

nische Reste. Hierauf folgt durch 300 Fuss eine Serie von roth- und buntgefärbten, thonigen Schichten, welche sich an den folgenden Küstenstrecken öfters wiederholt und welche dort Pecten quadricostatus, Salenia scutigera, Orbitulina concava und andere wohlbekannte cenomane Arten geliefert hat.[17]

Die auflagernden Kalkbänke fallen noch der Kreideformation zu und dieser sind, in Fig. 42 nicht sichtbar, noch höhere, in Pfeiler aufgelöste Gipfel von Alveolinenkalk aufgesetzt.

Der untere Sandstein von Marbat entspricht seiner Beschaffenheit wie seiner Lage nach daher dem nubischen Sandstein

Aegypten's, und die von Carter an dieser Stelle beobachtete Schichtfolge ist dieselbe, welche man z. B. im Nilthale bei Assuan antrifft.

In dem hohen Râs Seger ist der Granit verschwunden; auch ein Theil des Sandsteins liegt unter dem Meere; über der bunten Serie erheben sich die lichten Kalkwände.

Nun folgt in der Bucht el-Kamar die erwähnte Unterbrechung des hohen Gebirgsabfalles, aber Râs Fartak ist der neuerliche Beginn des Hochlandes. An diesem Vorgebirge sieht man zunächst die Bänke des weissen Alveolinenkalkes aus dem Meere schräge aufsteigen bis etwa zur Höhe von 1900 Fuss; in dieser Höhe legen sie sich horizontal und ziehen so weiter. Ebenso steigen auf der andern Seite des Vorgebirges die Lagen der bunten, cenomanen Serie unter 45° aufwärts und nehmen in bestimmter Höhe die horizontale Lage an. Bei Râs Scharwein erscheint der erste Basalt, eingedrungen in die bunten Mergel des Cenoman.

Es schiebt sich nun eine schmale Ebene zwischen den Strand und die hohen Felswände und auf dieser erscheinen zwischen Râs Scharwein und Makalla mehrere kleine vulkanische Kegel. Sie heben sich durch ihre schwarze Farbe und die scharfe Abgrenzung ihrer Ergüsse grell von der weissen Strandfläche ab und nehmen eine Strecke von etwa 72 Kilom. ein.

In Makalla ist wieder Granit mit den grünen Felsarten, überlagert von Kalkstein; 6000 Fuss hoch erhebt sich der Rand des grossen Tafellandes; der Granit tritt an der Küste hervor.

Etwa 96 Kilom. nordöstlich von Aden bespült tiefes Meer einen gewaltigen, tausende von Fussen über dasselbe aufragenden Absturz; dies hält durch etwa 40 Kilom. an; dann zieht der Absturz landeinwärts in gerader Linie zu der Strasse Bab-el-Mandeb, so dass vor demselben ein flacher, dreieckiger Raum zurückbleibt. Auf diesem erhebt sich ein Vulkan, dessen Kraterrand 1700 Fuss erreicht, und in dem Krater dieses Vulkan's liegt die Stadt Aden. —

Die im Süden gegenüber liegende Somâliküste hat ganz denselben Bau. Das Land östlich von Berbera besteht aus lichtem Kalkstein; auf Hais tritt als Unterlage ein Amphibolgestein hervor; Meyt ist wieder lichter Kalkstein und dieser dürfte ununterbrochen bis Cap Guardafui reichen.[18]

Die Insel Abd-ul-Kuri ist 1600 Fuss hoch und besteht in ihrem unteren Theile aus Granit und den grünen Felsarten von Maskat; auf diesen liegt Kalkstein. Von der nur 400 Fuss hohen Insel Kal Faraun ist nur Gyps bekannt; die ‚Brüder‘ zwischen Abd-ul-Kuri und Sokotra haben dieselbe Zusammensetzung wie Abd-ul-Kuri und dasselbe gilt nach B. Balfour's Aufsammlungen auch von der grossen Insel Sokotra.[19]

Im Norden dieser Insel befindet sich ein langer Zug von alten Felsarten, wie Granit, Gneiss und Hornblendschiefer; er umfasst den Dj. Huggier und ist durch Mannigfaltigkeit der Bergformen ausgezeichnet; den ganzen Süden, Westen und Osten bildet harter, lichter, flach gelagerter Kalkstein. Im Osten erscheint ferner ein rhyolithisches Gebiet, und es sind kleinere Basaltvorkommnisse an mehreren Punkten angetroffen worden. —

An der südöstlichen Küste Arabiens sind demnach die geschichteten Gebirge ebenso flach gelagert wie in Aegypten, und nur örtlich gewahrt man, wie bei Râs Fartak, eine Beugung, welche mehr der Schleppung an einem Bruche gleicht als einer Faltung. Wie in Aegypten fehlt, wenn man vom nubischen Sandstein absieht, jeder Nachweis von Ablagerungen, welche älter wären als die Cenomanstufe. Wie in Aegypten kommt an vielen Stellen die archaische Unterlage zum Vorschein und wenigstens bis zu der Granitzone des Râs Nus und der Churian-Murian-Inseln ist die Serie der geschichteten Ablagerungen ganz dieselbe wie in Aegypten. Oestlich davon, in Oman, ist bisher nur die Transgression des Nummulitenkalkes über die alten Felsarten mit Sicherheit bekannt.

Derselbe Bau des Küstenstriches ist im nördlichen Somâli und bis Sokotra sichtbar, und wir erkennen somit im Golf von Aden einen Einbruch, welcher die zusammenhängende Tafel unterbrach, und Arabien, wie das Somâliland erscheinen als die Fortsetzungen der grossen nordafrikanischen Wüstentafel.

Die eruptiven Bildungen, welche von Râs Scharwein gegen West erwähnt werden, sind nur die Ausläufer jener wichtigen vulkanischen Region, welche die Umgebung der Strasse Bab-el-Mandeb bildet und von da auf vielen Inseln und an beiden Ufern des Rothen Meeres Fortsetzung findet. Insbesondere häufen

sich die Spuren von jüngeren Ausbrüchen gegen West. In dem Hochlande von Abessynien und in Schoa liegt eines der bedeutendsten Gebiete eruptiver Thätigkeit. Die gewaltigen Lavafelder Abessyniens mögen von verschiedenem Alter sein; es mag ein Theil von ihnen sogar, wie Blanford meint, den Ergüssen des Dekkan, also den ältesten Abtheilungen der Eocänzeit entsprechen; sicher ist, dass unter denselben in den meisten grossen Thälern wieder horizontale Sandsteinlagen sichtbar sind, welche auf archaischer Grundlage ruhen.

Dies geht nicht nur für Abessynien aus den Aufnahmen von Ferret und Galimier,[20] für Schoa aus jenen von Rochet d'Héricourt,[21] sondern ganz insbesondere auch aus den Beobachtungen Blanford's hervor, welcher bei Gelegenheit des englischen Feldzuges in Abessynien die Linie von Massaua bis Magdala auf das Genaueste kennen lernte.[22]

Hier nun erscheint bei Antalo im nordöstlichen Abessynien eine der Wüstentafel sonst ganz fremde Bildung, nämlich eine Scholle, welche nach ihren organischen Resten dem mittleren Jura zuzufallen scheint; es ist Blanford's Antalo-Kalkstein. Leider ist es, wie dieser gewissenhafte Beobachter selbst angibt, nicht gelungen, das gegenseitige Lagerungsverhältniss des Sandsteins und des jurassischen Kalksteins auf eine unzweifelhafte Weise festzustellen.[23] Es ist daher nicht sicher, ob der muthmassliche Vertreter des nubischen Sandsteins, Blanford's Sandstein von Adigrat, dem Cenoman oder einer jener wahrscheinlich älteren Sandsteinablagerungen zufällt, von welchen ich bald zu sprechen haben werde.

Sinai und Syrien. Die Massengesteine, welche die Unterlage der grossen Wüstentafel ausmachen, der nubische Sandstein und die grossen cretacischen und alttertiären Kalklager setzen, wie wir nun sahen, aus Afrika ostwärts in das südliche Arabien fort. Noch klarer liegt ihr Zusammenhang mit den Bergen der sinaitischen Halbinsel und des gelobten Landes zu Tage.

In jenem schmalen Streifen alter Massengesteine, welcher zwischen dem Nil und der Meeresküste nordwärts zieht, in dem Mons porphyrites, erlangen diese Felsarten besondere Mannigfaltigkeit, welche sie dann auch weiter im Osten auszeichnet.

Rother Granit ist die wichtigste Felsart; Begleiter sind Gneiss und vielerlei alte Schiefergesteine, dann rother Porphyr und Diorit. So treten sie an das Ufer der Bucht von Suez und finden ihre Fortsetzung an dem jenseitigen Ufer, in den beträchtlichen Höhen, welche den südlichen Theil der sinaitischen Halbinsel einnehmen, und aus welchen sich Dj. Musa, der Berg der Gesetzgebung, erhebt. Sie erreichen die Ostküste der Halbinsel und finden dort in gleicher Weise ihre Fortsetzung jenseits der Bucht von Akaba in den Granitbergen des Landes Midian und nördlich und südlich von diesen.

Manche Umstände haben uns in den letzten Jahren genauere Kenntniss von diesem Stücke Landes gebracht, so Burton's Versuch ein reiches Goldland in Midian nachzuweisen,[24] und Beke's Zweifel an der wahren Lage des biblischen Sinai. Dj. Baghir, auch Dj. el Nûr, der Berg des Lichtes, genannt, und nördlich von Akaba, an der Westseite des Wadi Ithm gelegen, sollte in Wahrheit die geheiligte Stelle sein, und Milne, welcher den Bibelforscher begleitete, hat uns den Bau der Ostküste des Meerbusens kennen gelehrt.[25] So gelangen wir bis in die Nähe von Petra und des Berges Hor und erreichen damit das Gebiet jener trefflichen Forschungen, durch welche L. Lartet so viel neues Licht auf den Bau von Palästina und Idumäa geworfen hat,[26] dass dieselben im Zusammenhalte mit den klaren Darstellungen, die Osc. Fraas von Judäa gegeben hat,[27] uns gestatten, ein Urtheil über die Bildung des Jordanthales und seine Beziehungen zum Rothen Meere zu bilden. Für jetzt aber mag Lartet's Beobachtungen die wichtige Erfahrung entnommen werden, dass auf der Ostseite des Wadi Arabah, welches die Fortsetzung der Linie des Jordan und des Todten Meeres bildet, die Massengesteine weiter nach Norden reichen als auf der Westseite. Die Porphyre, welche das jüngste Glied der Massengesteine zu bilden scheinen, nehmen im Norden noch beträchtlichen Antheil an dem Aufbaue des Berges Hor, und der nördlichste Ausläufer ist bei Safieh an dem südöstlichen Ufer des Todten Meeres sichtbar.

So umrahmen alte Massengesteine den ganzen nördlichen Theil des Rothen Meeres. An der Südspitze der sinaitischen Halbinsel begegnen sich zwei der grössten linearen Bruchsysteme

welche auf der Erdoberfläche bekannt sind. Die erste Richtung ist die erythräische; sie findet ihre Fortsetzung in der Richtung von Suez. Die zweite, fast genau von Nord nach Süd laufende Richtung ist jene der Jordanlinie. Von Coelesyrien her, durch den See von Tiberias, dem Laufe des Jordan folgend, durch das Todte Meer, das Wadi Arabah, über die etwa 230—240 M. hohe, aus cretacischem Kalkstein aufgebaute Schwelle von Safeh herab zum Wadi Akabah und den gleichnamigen Golf, erstreckt sich diese. Sie trifft in spitzem Winkel auf die erythräische Linie und findet keine Fortsetzung. Das Zusammentreffen erfolgt innerhalb des Gebietes der alten Massengesteine, welches so in drei Theile getheilt wird. Der erste, westliche Theil ist der Mons porphyrites und das ägyptische Randgebirge. Das andere Stück ist das sinaitische; es ist keilförmig. Das dritte Stück ist das arabische, welches über den Berg Hor hinaus seine letzten Spuren noch am Todten Meere hervortreten lässt.

Dieser Gruppe alter Felsarten, welche ich wegen der Porphyre und Diorite nicht in ihrer Gesammtheit als archaisch bezeichnen will, folgt der nubische Sandstein. Nur als ein schmaler Saum begleitet er den Westrand des alten Gebirges im östlichen Aegypten; er zieht von dem nördlichen Ende desselben zum Meere, dann in breiterer Entwicklung quer über die sinaitische Halbinsel, vielfach mit Sandflächen bedeckt, welche aus der Zersetzung des Sandsteins hervorgehen. Plötzlich, in der Nähe des nördlichen Endes des Golfes von Akabah, scheint diese Zone zu enden. Jenseits, an der Ostseite der Jordanlinie, erscheint sie wieder, theils unten im Thale in abgesunkenen Schollen, theils hoch auf den Gipfeln der Berge. So fand Milne zwei grosse Sandsteinschollen wohl 1000 M. hoch, über dem Granit die höchsten Theile des Dj. Atagtaghír, unweit vom Berge des Lichtes, bildend, und nach Lartet ist es derselbe nubische Sandstein, welcher den Gipfel des Berges Hor zusammensetzt. Dies ist die Stelle von Aaron's Grab, 1327 M. über dem Rothen Meere, und der Sandstein liegt hier auf Porphyr.

Vom Berge Hor senkt sich der Sandstein zur Tiefe, doch so, dass er noch an der ganzen Ostseite des Todten Meeres den Sockel der Abstürze zusammensetzt, während er an der Westseite nicht sichtbar ist. Der Höhenunterschied vom Berge Hor bis

hieher beträgt 1720 M. Noch eine weite Strecke gegen Nord erscheint der nubische Sandstein, doch nur am Fusse der östlichen Abhänge des Jordanthales, und er findet wahrscheinlich seine Fortsetzung in dem rothen Sandstein des Libanon.

Allerdings darf jedoch dieses Gebilde hier nicht ohneweiters dem Cenoman zugerechnet werden, wie dies im Westen geschehen ist. Zuerst ist zu bemerken, dass, abgesehen von minder sichergestellten Angaben, durch Bauermann und Tate ein Vorkommen der Carbonformation im Wadi Nasb der sinaitischen Halbinsel nachgewiesen worden ist. Meeresablagerungen sind durch Kalkstein mit Orthis Michelini u. A. vertreten, und im Sandstein wurde der Abdruck eines Lepidodendron gefunden.[28] Es ist die Spur des Wiedererscheinens jener carbonischen Zone, welche weit im Westen Lenz auf seiner Reise nach Timbuktu antraf und welche dort durch Meeresbildungen vertreten ist, dieselbe, welche in der Gegend von Murzuk in Pflanzenresten nachgewiesen wurde, und von welcher bis heute jeder Nachweis im Nilgebiete fehlt.

Im Allgemeinen aber erinnern hier die Merkmale des Sandsteins ganz ausserordentlich an unsere europäischen Permsandsteine. Der nubische Sandstein ist hier häufig dunkelroth oder weiss oder roth und weiss; er lagert häufig auf Porphyr, führt Rollstücke von Porphyr und wird nach Raboisson sogar von Porphyrgängen durchsetzt;[29] auf der sinaitischen Halbinsel, wie bei Petra, führt er Kupfer. Die Lagerstätten von Türkis finden sich in demselben sowohl auf der sinaitischen Halbinsel, als auch in Abessynien; auch Salz und Gyps erscheinen. Schon im Jahre 1858 hatte Unger nach der Untersuchung eines fossilen Holzes, welches Russegger in der Gegend von Assuan gefunden, den nubischen Sandstein dem Rothliegenden gleichgestellt. Dieses Ergebniss wurde von Zittel nicht bestätigt, welcher im Gegentheile durch weitere Pflanzenfunde im Norden das jüngere Alter sicherstellte.[30] Aber hier im Osten wie in Abessynien mehrt sich die Zahl der äusseren Merkmale, welche für ein höheres Alter eines grösseren Theiles des nubischen Sandsteins sprechen, so sehr, dass das endgiltige Urtheil offen bleiben muss.

Diesen Sandstein überlagert nun allenthalben die Cenomanstufe sammt den ihr folgenden, grossentheils kalkigen Ablagerungen

bis zum Nummulitenkalke, welchen wir zugleich besprechen wollen. Mag der nubische Sandstein cenoman sein, so liegt zwischen demselben und den carbonischen Ablagerungen des Wadi Nasb ein unermesslich langer Zeitraum. Gehört derselbe der Zeit des europäischen Rothliegenden an, so mindert sich der Zeitraum, welcher der Transgression vorangeht, nur um einen Bruchtheil, und es mehrt sich die Aehnlichkeit z. B. mit Böhmen, wo das Cenoman dem Rothliegenden aufruht.

Die Zone von Kreide- und Nummulitenkalk zieht von Kairo gegen Suez und bildet die Höhen, welche hier an den südlichen Theil des Schifffahrtskanals und den nördlichen Theil des Meerbusens von Westen herantreten. Mit breitem, schroffem, aus zahlreichen flachgelagerten Bänken sich aufbauendem Absturze erhebt sich Dj. Atâka bei Suez. Er ist, wie Vaillant zeigte, von einer



Fig. 43. Dj. Atâka bei Suez.

etwa 300 M. mächtigen Verwerfung durchschnitten[31] Ich stimme vollkommen mit Beyrich's Meinung überein, dass die Form dieser Gebirgsstücke durch parallele Bruchlinien hervorgerufen sei, und das örtliche Hervortreten kleiner vulkanischer Kuppen ist eine Bestätigung dieser Meinung.[32]

Die Kreide- und Eocänschichten ziehen nun, dem nubischen Sandstein aufgelagert, wie dieser quer über die sinaitische Halbinsel; vor ihnen breitet sich die Wüste Tih aus. Sie sind hier, wie Bauermann gezeigt hat, auch von zahlreichen Verwerfungen durchschnitten.[33]

Sie gelangen nun nach Palästina und bilden weithin die Berge von Juda und alles Land bis zu dem Sporn von Carmel hinaus; es folgt die Senkung von Jezreel mit ihren vulkanischen Ausbrüchen, und jenseits setzen sich dieselben Schichten wieder in den Libanon fort. Es ist fast Alles nur cretacischer Kalkstein, und der eocäne Kalkstein liegt in seltenen vereinzelten Schollen auf demselben.

Oestlich vom Jordan ist das Verhältniss ein etwas verschiedenes. Tief unten im Wadi Garundel, südlich von Petra, liegt eine abgesunkene Scholle von Nummulitenkalk und an mehreren Stellen sieht man abgesunkenen Kreidekalk; zugleich erscheinen die cretacischen Schollen auf den Höhen, und von den drei Gipfeln des Hor besteht einer aus Porphyr, ein anderer, der höchste, wie gesagt, aus nubischem Sandstein, der dritte aus cretacischem Kalkstein. Nun bildet nordwärts derselbe lichte Kalkstein alles Hochland der Moabiter und Ammoniter im Osten des Todten Meeres. Unter demselben ist am Todten Meere der nubische Sandstein sichtbar; auf der Höhe sind ihm schwarze vulkanische Massen aufgesetzt, vereinzelte Kegel und breite Ströme. Der lichte Kalkstein zieht fort, bildet den Ostrand des Jordanthales und verschwindet endlich unter den weiten Laven des Jaulân, des Haurân und der noch weiter im Innern des Landes von Wettstein und Doughty erschlossenen vulkanischen Gebiete. —

Wer quer über das Land von Jaffa nach Jerusalem und an das Todte Meer reist, erhebt sich zuerst auf dem Rücken von Juda bis zu etwa 1000 M. über dem Mittelmeere und steigt sodann etwa 1400 M. zu dem Todten Meere hinab, dessen Wasserspiegel bekanntlich in — 392 M. liegt. Da jedoch die dem Ostrande zunächst liegende Tiefe dieses Meeres beinahe 400 M. beträgt, so fällt thatsächlich die Oberfläche des Gebirges von dem Rücken von Juda um etwa 1800 M. gegen die tiefste Stelle dieser grossen Tiefenlinie hinab.

Nach den Arbeiten Lartet's, nach der Erforschung der cretacischen Schwelle im Wadi Arabah, welche in + 230 bis 240 M. die Wasserscheide zwischen dem Rothen Meere und dem Todten Meere bildet, und dem Nachweise des gänzlichen Mangels jüngerer Tertiärablagerungen in dem ganzen Gebiete der Tiefenlinie hat es als sichergestellt zu gelten, dass das offene Meer in diese grosse und merkwürdige Tiefe niemals eingedrungen ist. Die Bildung dieser Tiefenlinie ist ein junges Ereigniss, sonst wäre die Schwelle vom Meere überschritten worden.

Alles Land westlich vom Todten Meere ist flach gelagert, und trotz der mächtigen Absenkung der Oberfläche besteht es nur aus Kalkstein der mittleren und oberen Kreide. Nach Fraas sind

aber zu beiden Seiten des Rückens, gegen das Mittelmeer wie gegen das Todte Meer, treppenförmige parallele Verwerfungen vorhanden, welche die Oberfläche von der Höhe herabsenken zu den Tiefen im Osten und im Westen.[34]

Anders ist es im Osten. Lartet hat gelehrt, dass dort die alten Massengesteine weiter nach Nord greifen als an der Westseite der Tiefenlinie, dass der Porphyr noch an der Südostseite des Todten Meeres hervortritt, und dass der nubische Sandstein an dem Fusse des ganzen Ostufers und noch weit im Jordanthale hinauf sichtbar ist. Das östliche Ufer zeigt daher in jedem Querprofile ältere Felsarten als das westliche. Hieraus schloss Lartet, in Uebereinstimmung mit früheren Vermuthungen von L. v. Buch und Hitchcock, dass das Todte Meer und die Jordanlinie ein Bruch sei, verbunden mit Senkung des westlichen Flügels.

Hält man nun aber Lartet's Erfahrungen im Osten der Bruchlinie und jene von Fraas im Westen derselben zusammen, so zeigt sich Folgendes. Die Höhe des breiten Rückens von Juda weicht nicht allzusehr von jener des Hochlandes östlich vom Todten Meere ab. Kreidekalke bilden da und dort den Boden. Die Jordanlinie ist ein Bruch, aber während im Osten dieser Bruch an einer einzigen grossen Hauptspalte sich vollzog, entstanden im Westen mehrere parallele Brüche, auf welchen der Westflügel nicht im ganzen Körper, sondern in Treppen absank, so dass ein einseitiger Graben entstand. Der Rücken von Juda behielt seine Höhe und gegen das Mittelmeer wiederholte sich die staffelförmige Senkung; hier ist aber jeder Gegenflügel verloren gegangen. Und da die ganze syrische Küste auch keine Spur von tertiären Mediterranbildungen, mit Ausnahme der niederen und ganz jungen Küstenbildungen von Beyrut und Jaffa mit Pectunculus violascens, trägt, ist dieser Bruch auch für sehr jung, für wohl ebenso jung zu halten als die Eröffnung des ägäischen und des Schwarzen Meeres.

Hiefür wird sich aber bald noch weitere Wahrscheinlichkeit ergeben.

Kehren wir jedoch zu dem Todten Meere zurück.

Eine einfache Verwerfung kann an der Oberfläche eine Stufe erzeugen, aber kein Thal; sie kann durch Erosion zu einem Thale

ausgeweitet werden, aber dann wird das Thal eine bestimmte, der Richtung des Abflusses entsprechende Neigung besitzen und nie unter das Niveau des Meeres hinabreichen. Ein Thal, dessen Sohle 800 M. unter das Meer hinabreicht, um südwärts bald wieder 230 M. über dasselbe anzusteigen und dann wieder unter das Meer hinabzusinken, kann weder durch eine einzige Verwerfung, noch durch Verwerfung und Erosion erzeugt sein. Streifen müssen abgesunken sein an parallelen Brüchen, in grosser Länge und zu ungleicher Tiefe. Das ist jenes Schwanken in der Mächtigkeit der Verwerfungen, welches wir an den Sprüngen des Hochplateau's von Utah, wie an den grossen Brüchen der Südalpen wahrgenommen haben. So allein können breite Thalniederungen, wie Wadi Arabah und Wadi Akabah entstehen, und das ungleiche Maass des Absinkens im Graben kann durch Klemmung herbeigeführt werden.[35]

Eine Grabenversenkung, wohl die grösste der Erde, ist aber auch das Rothe Meer. Die parallelen Umrisse, die Aehnlichkeit der gegenüberliegenden Küsten, so weit sie bekannt sind, und die vulkanischen Erscheinungen im Süden deuten darauf hin. Oft schon hat man dieses Meeresbecken als einen ‚Einsturz' dargestellt, insbesondere seinen südlichen Theil. Das bezeichnendste Wort hat aber Osc. Fraas gesprochen. ‚Aehnlich wie Schwarzwald und Vogesen, obgleich durch das breite Rheinthal getrennt, doch auf einerlei Bildungsweise hindeuten, so auch die crystallinischen Berge im Osten und Westen des Rothen Meeres. . . . Wie im Westen der Vogesen und im Osten des Schwarzwaldes die Trias und der Jura an das alte crystallinische Gebirge sich anlegt, so im Osten des Sinai wie im Westen der Nilberge beiderseits obere Kreide und älteres Tertiär.'[36]

Nun betrachten wir in der That das Rheinthal bei Strassburg. Die geschichteten Tafeln des süddeutschen Senkungsfeldes und jene der Niederung von Paris, welche einst über Schwarzwald und Vogesen hinweg vereinigt waren, sind zur Tiefe gegangen; die Horste sind stehen geblieben; diese aber durchschneidet der grosse, aus geradlinigen Brüchen hervorgegangene Graben des Rheins. Ob diese Ereignisse gleichzeitig waren, oder in welcher Folge Tafelsenkung an den Seiten und Grabensenkung in der

Mitte standen, wissen wir nicht. Aber ebenso ragt das alte Gebirge am Rothen Meere wie ein Horst aus dem nubischen Sandstein und den cretacischen und eocänen Tafeln, und ebenso schneidet mitten durch den alten Horst der grosse erythräische Graben. —

Einige Angaben lassen die Vermuthung zu, dass das grosse Wadi Sirhân im nördlichen Arabien, und insbesondere sein südlicher Theil, das Djôf, ebenfalls eine Grabenversenkung sei; Blunt hat bereits diese Gegend dem Todten Meere verglichen.[37] Die vulkanischen Vorkommnisse des Haurân setzen sich im Westen des Wadi Sirhân südwärts auf eine unbekannte Strecke fort; im Osten scheint etwa der 31. Breitegrad ihre Südgrenze zu bezeichnen. Was weiter folgt, ist ein weit ausgedehntes Sandsteingebiet mit treppenförmig hervortretenden Schichtköpfen, wie in der Sahara, und dieses bildet die ganze steinige Hamada bis zum Euphrat. Der höchste Theil dieses Sandsteingebietes, etwa 2500 (engl.) Fuss hoch, liegt knapp an dem Ostrande des Djôf und endet mit ziemlich steilem Absturze gegen diese etwa um 600 Fuss tiefer liegende Fläche. Der flachen Sandsteintafel ist mit auffallend scharfer Abgrenzung eine Sandwüste, der grosse Nefud, aufgelagert, aus welcher Sandsteinkuppen aufragen, welche durch ihre geschwärzte Oberfläche ebenso ausgezeichnet sind wie jene des Tasili in Afrika. Südlich von dieser Sandwüste sind auch Sandsteinkuppen vorhanden, bis endlich am Dj. Aja westlich von Haïl und am Dj. Schammar die granitische Unterlage hervortritt. Es ist rother Granit vorherrschend, und diese Gebirgszüge sind wahrscheinlich als die Fortsetzung der sinaitischen Höhen anzusehen.

Diese Darstellung Blunt's bestätigt zugleich die Vermuthung, dass, so wie Syrien im Norden und Oman und die arabische Küste im Süden, so auch das ganze Innere des Landes einen ähnlichen Bau besitzt wie Aegypten und das ganze Wüstenland des nördlichen Afrika.

So sehen wir demnach von den atlantischen Küsten, durch das ganze Wüstenland bis zum Golf von Gabes, dann südwärts durch die Gebiete der Tuareg, bis über Aïr hinaus, bis weit südlich von der Oase Kauâr, bis Borkû, bis Darfur und noch das Somâliland in sich begreifend, dann im Norden ganz Aegypten, Syrien und ganz Arabien bis an den Euphrat umfassend, ein

grosses Stück der Erdoberfläche durch gemeinsame Merkmale ausgezeichnet. In diesem ganzen Gebiete herrscht flache Lagerung; Störungen treten nur durch Senkung, namentlich durch grosse Grabenversenkungen ein, welche da und dort mit Schleppung an den Kanten verbunden sind. Tangentiale Bewegung und Faltung aber fehlt diesem Gebiete nach dem heutigen Stande unserer Erfahrungen vollständig. Ebenso fehlt nach dem heutigen Stande der Beobachtungen diesem ganzen Gebiete, etwa mit Ausnahme des Antalo-Kalksteins in Abessynien, die ganze Reihe von Ablagerungen zwischen dem Schlusse der paläozoischen Zeit und der cenomanen Stufe, und wenn auch eingewendet werden mag, dass diese ausgedehnten Flächen noch viel zu wenig untersucht seien, als dass auf ähnliche negative Merkmale Gewicht gelegt werden könnte, so ist doch zu erinnern, dass in dem Gebiete der mittleren Sahara, in Aegypten und Palästina die Transgression der Cenomanstufe und ihre unmittelbare Auflagerung auf paläozoische oder noch ältere Felsarten mit Sicherheit auf grosse Strecken hin sichergestellt ist.

Die grosse Wüstentafel reicht also vom atlantischen Ocean bis an den Euphrat und an den persischen Meerbusen, und so wie die Lagerung, ist auch die Schichtfolge durch ähnliche Merkmale gekennzeichnet wie auf der russischen Tafel.

Suez und der Nil. Die erythräische Grabenversenkung ist im Norden durch die Landenge von Suez, einen schmalen und niedrigen Strich jungen Schwemmlandes, angefüllt. Trotz seines sehr geringen Alters und seiner ganz unbedeutenden Meereshöhe trennt dieser Landstrich zwei von einander sehr verschiedene Meeresfaunen.

Die indische Meeresfauna tritt durch die Strasse Bab-el-Mandeb in das Rothe Meer, erreicht mit vielen typischen Arten den Golf von Akaba, ist auch bei Suez vertreten und dringt sogar landeinwärts oberhalb Suez in eine Reihe abgetrennter Meeresbecken, die sog. Bittersee'n, ein, welche heute der Schifffahrtskanal durchschneidet. Die Ufer des Rothen Meeres zeigen an vielen Orten, im Süden wie im Norden, die Spuren eines höheren Standes der Strandlinie. Sie muss noch nach der Bildung des grossen

Grabens höher gestanden und später gesenkt worden sein. Diese Spuren bestehen in der Regel aus jungen horizontalen Muschelbänken oder aus trockenliegenden Korallenbildungen; auch bei Suez selbst sind sie vorhanden.

Die lusitanische Fauna der atlantischen Küste bildet, wie wir an früherer Stelle sahen, den bezeichnenden Theil der mediterranen Meeresfauna, doch sind ihr zahlreiche celtische und einige seltene boreale, arktische und westindische Reste beigemengt. So erreicht sie, wenn auch nicht eben in reichlicher Vertretung, den Lido an dem östlichen Rande des Delta's, und vereinzelte Vertreter derselben lebten bereits vor der Herstellung des Schifffahrtskanales in den landeinwärts gelegenen Lagunen, namentlich in dem grossen See Menzaleh.

Wie wenig diese für die Thierwelt so wichtige Grenze in der Gestaltung der Oberfläche ausgeprägt ist, geht daraus hervor, dass der höchste Rücken, welchen der Kanal zu durchschneiden hatte, el-Guisr, nur 18 M. hoch ist. In dem Süsswasserkanale, welcher das Wasser des Nil nach Suez führt und welcher zum Theile der Linie des alten Süsswasserkanales der Pharaonen folgt, langt der Fluss in 6·7 M. über dem Niveau beider Meere bei Ismailia, etwa in der Mitte der Landenge an. Schon vor der Verbindung beider Meere durch den Schifffahrtskanal sah man weit im Lande Brunnen, deren Wasserstand sich mit den Gezeiten der Meere hob und senkte, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass, so wie Rhein und Donau unterirdisch durch eine gemeinsame Grundwassermenge verbunden sind, so auch das Rothe und das Mittelmeer stets durch ein gemeinsames brackisches Grundwasser verbunden waren.

Die gesammte Länge des Schifffahrtskanales beträgt 160 Kilometer; zieht man jedoch die Lagunen und die abgetrennten Meerestheile ab, welche vom Norden wie vom Süden her in das Land eingreifen, so vermindert sich die Breite des trennenden Landstreifens sofort auf weniger als dreissig, wenn man die an den tieferen Gehängen da und dort erscheinenden Umsäumungen von gebleichten Muschelschalen in Betracht zieht, auf 20 bis 15 Kilom.

Der Kanal durchbricht bei Port Said den schmalen, sandigen Lido und tritt in den See Menzaleh; die Mündungen des tanitischen

und des pelusischen (bubastischen) Nilarmes liegen östlich von dieser Stelle. Alles Sumpfland gegen Ost bis gegen die Ruinen von Pelusium hin ist in rascher Verlandung begriffen. Etwa in Kilom. 37 schneidet der Kanal die Linie des einstigen pelusischen Armes; er durchquert dann eine schmale Strecke trockenen Landes bei Kantara und erreicht den See Ballah, die äusserste Lagune des Mittelmeergebietes, welche südlich von el-Ferdane bis Kilom. 66 reicht. Hier erst verlassen wir das Mediterrangebiet.

Nun kreuzen wir den Rücken el-Guisr und erreichen den Spiegel des See's Timsah, d. i. des Krokodilsee's, welchen die Schifffahrtslinie in Kilom. 76—80 durchzieht. An dem Ufer dieses See's erhebt sich die junge Stadt Ismailia, und westlich von derselben treffen wir bei Saba'h 'Byar, d. i. bei den Sieben Brunnen, den Süsswasserkanal. Dieser Punkt entspricht dem Ausgange des Thales Gessen, und, wie sich bald zeigen wird, dem Laufe eines Nilarmes, welcher einstens in der Richtung gegen den See Timsah floss.

Das Flachland im Osten und Südosten des Timsah ist gegen den See durch Steilränder abgegrenzt, welchen einzelne kleine tafelförmige Massen vorliegen; unter diesen erwähne ich das Plateau der Hyänen im Osten, dann jenes von Tussum in Kilom. 85 und in dessen Nähe die Stelle, welche Scheich Ennedek genannt wird.

Im Westen von Tussum sieht man eine grössere Gruppe nach SSW. streichender Dünen und in Kilom. 90 ist das Serapeum erreicht. Nahe südlich von diesem, etwa in Kilom. 94—95 beginnen die beiden grossen, vor der Eröffnung des Schifffahrtskanales fast trocken liegenden Becken der Bittersee'n. Sie nehmen die Strecke des Kanales bis Kilom. 138 ein, und dieses ganze Gebiet vom Serapeum angefangen ist der erythräischen Region zuzurechnen. Nun wird die Schwelle des Schaluf gekreuzt, und durch eine schmale Furche, in welcher der alte Kanal der Pharaonen liegt, erreichen wir nahe unter Kilom. 150 die Lagune von Suez und in Kilom. 160 das Rothe Meer.

Nur dem südlichen Theile dieser Linie und nur von der Westseite her nähern sich höhere Berge, nämlich Dj. Genêf, in dessen Fortsetzung die Schwelle Schaluf liegt, welche die Bittersee'n gegen Süd abschliesst, dann Dj. Awebet und der

lange Rücken des Dj. Atáka, welcher südlich von Suez mit breitem und steilem Absturze an das Rothe Meer tritt (Fig. 43).

Weder in der weithin dem Auge eröffneten Structur dieser höheren Berge, noch in dem Baue des Flachlandes ist irgend ein Anzeichen von Wölbung oder Aufrichtung der Schichten bemerkbar. Allerdings sind jedoch in den Bergen Senkungsbrüche vorhanden; die Meeresschichten des Tieflandes sehen aus, als hätte sie gestern erst das Meer verlassen.

Im Jahre 1869 wurde mir durch den Khedive Ismail die erwünschte Gelegenheit geboten, die wichtigsten Strecken des Kanales kennen zu lernen. Meine damaligen örtlichen Beobachtungen gewannen erst einigen Zusammenhang durch die werthvollen Schriften, welche seither über den Isthmus erschienen sind, und unter welchen ich zuvörderst jene von Laurent,[38] Lesseps[39] und Th. Fuchs[40] nenne. Aber auf's Tiefste eingeprägt blieb mir das Bild einer Gegend, in welcher von sehr alter Zeit her die Folge der Meeresbildungen in durchwegs fast oder ganz horizontalen Bänken sichtbar ist, und in welcher man zwei Serien der flachen Lagerung erblickt, nämlich eine ältere, deren einzelne Schichten sich normal überlagern, in immer jüngeren Bänken immer höhere Theile der Berge bildend, bis die jüngsten auf der Höhe der Tafelflächen liegen, und eine zweite, jüngere Serie, in welcher sich die Schichten anlagern, und zwar in solcher Weise, dass die jüngeren in immer tieferen und tieferen Treppen sich an die vorhergehenden anschmiegen, so dass endlich die jüngsten Glieder der zweiten Serie in dem Niveau des Meeres liegen und zugleich in dem Niveau der ältesten Glieder der ersten Serie. Dabei ist die angelagerte Serie sicher unter einer sinkenden, und zwar scheinbar unter einer rhapsodisch sinkenden Strandlinie abgesetzt, während die aufsteigende Serie hierüber bestimmte Nachweise kaum gibt, wohl aber sagt, dass bei sinkender Strandlinie ihr Ende erreicht sein muss, sobald der Wasserspiegel die eigenen Sedimente erreicht. Endlich setzt der Beginn der zweiten Serie in diesem Falle voraus, dass die vorhergehenden Sedimente zerbrochen und hiedurch neue submarine Abhänge gebildet seien. —

Auf der Linie des Kanales unterscheidet man, wie gesagt, ziemlich leicht drei Regionen, nämlich: die mediterrane Region von

Kilom. 0—66, durch den See Menzaleh bis zur Südspitze der Lagune Ballah reichend, — die mittlere oder neutrale Region, von Kilom. 66—95, welche den See Timsah umfasst, — und die erythräische Region von Kilom. 95—160, d. i. von einem Punkte südlich vom Serapeum durch die Bittersee'n und die Lagune von Suez zum Rothen Meere; folgen wir aber Laurent, welcher die Streifen von todten Muschelschalen an dem Gehänge in Betracht zieht, so reicht die mediterrane Zone bis Kilom. 68, die neutrale Zone mit dem See Timsah nur bis Kilom. 83, und der Rest fällt dem erythräischen Gebiete zu. Ferner erinnern wir uns, dass das Thal Gessen und der vom Nil herkommende Süsswasserkanal die Linie des Kanals auf der neutralen Strecke, in der Nähe des See's Timsah treffen.

Die Landschaft besteht in Summe aus den folgenden Elementen: aus den höheren Bergen im Südwesten, mit den wenig hervortretenden Resten der II. Mediterranstufe, aus den erythräischen, dann aus den jüngeren Mediterranbildungen, ferner aus den Ablagerungen des Nil, endlich aus den Dünen und den Nehrungen.

Die höheren Berge, den mächtigen Atáka bei Suez, Auwebed und Genéf, haben wir als Theile der grossen Kalkzone anzusehen, welche zur sinaitischen Halbinsel und nach Judäa zieht.

Mittlere Kreide ist das älteste sichtbare Glied; nach den Fossilien, welche Beyrich vom Auwebed anführt, würde dort die Schichtfolge bis in's Oligocän reichen.

Auch die II. Mediterranstufe wurde bereits (S. 413) besprochen und hervorgehoben, dass sie südlich vom Atáka bis in das heutige Gebiet des Rothen Meeres hervortritt. Dennoch hat damals eine weitgehende Mengung der mediterranen und der erythräischen Fauna nicht stattgefunden. Es kann daher an dieser Stelle die erythräische Grabensenkung in ihrer heutigen Wesenheit zur Zeit der zweiten Mediterranstufe kaum bestanden haben. Beyrich deutet sogar die Meinung an, dass die Miocänablagerungen selbst sammt den Gebirgsstöcken durch parallele Bruchlinien zerstückt, d. i. dass sie nicht in den Thälern abgelagert seien, in welchen man sie jetzt findet, sondern dass sie älter seien als diese Thäler, dass sie folglich noch der Serie der aufgelagerten, nicht der an-

gelagerten Schichten zuzuzählen sei. Dieser Punkt wäre einer neuen Untersuchung sehr würdig.

Das meiste Interesse knüpft sich aber an die jungen Bildungen der Landenge. Es ist von vorneherein klar, dass bei einem nur um etwa 18—20 M. höheren Stande der Strandlinie die heutige Landenge überschritten würde, ja dass in früherer Zeit sich diese Ueberschreitung bei noch geringerer Höhe der Strandlinie vollziehen musste, da ein guter Theil der heute vorhandenen Landrücken nur aus Sandwehen besteht.

Die erste und sehr auffallende Thatsache, welcher wir begegnen, ist die zuerst von Beyrich hervorgehobene, seither auch von Th. Fuchs anerkannte Verwandtschaft der allerdings bisher nur durch wenige Arten vertretenen Fauna der Sandablagerungen bei den Pyramiden von Ghizeh mit jener des Rothen Meeres. Diese Sandablagerungen bilden den Steilrand der Wüste gegen das Nilthal. Die Sphinx ist in ihre verhärteten Lagen eingeschnitten. Zittel gibt die Höhe der Anlagerung mit 64 M. an, und dieselbe Höhe verzeichnet Schweinfurt für den oberen Rand einer Zone von Pholadenlöchern, welche er an den Abhängen des Mokattam oberhalb Kairo verfolgt und als dieser Phase zugehörig erkannt hat.[41] Die Schalen von Ostrea Forskali und Pecten erythraeus, welche im Rothen Meere leben, liegen in diesem Sande.

Es tritt also in der That eine Scholle von erythräischem Typus oder doch eine solche, die mehrere bezeichnende erythräische Arten umfasst, in das Gebiet des heutigen Mittelmeeres.

Wir betreten nun den Isthmus.

Th. Fuchs unterscheidet an den Bittersee'n ein tiefer liegendes, jüngeres Gebiet von wellenförmiger Oberfläche, welches sich nicht mehr als etwa 8 M. über den Meeresspiegel erhebt, und ein dahinter liegendes Terrassenland mit concentrischen Steilrändern. Der höchste von Fuchs besuchte Punkt lag in etwa 14 M. Seehöhe, doch mochten gegen Osten weitere Stufen wohl die doppelte Höhe erreichen. Die meisten Conchylien lieferte Plateau Kabret, etwa 8 M. über der umgebenden Wüste und 5 Kilom. östlich vom See, auf der ersten Stufe des Terrassenlandes. Hier fanden sich erythräische Meeresconchylien, zugleich jedoch einige wenige

dem Rothen Meere fremde Formen, insbesondere Ostrea pseudo-crassissima, ganz der bekannten Form aus mediterranen Tertiärbildungen gleichend, und zwei lebend nicht bekannte Pectines, ferner Süsswasserconchylien, welche heute am oberen Nil leben, wie Etheria semilunata und Spatha nilotica, von welchen später mehr zu sprechen sein wird.

In geringer Höhe über den Bittersee'n findet sich also die erythräische Fauna, begleitet von einigen erloschenen Typen, von welchen wenigstens eine Art entschieden mediterranen Charakter trägt, und zugleich erscheinen Conchylien des Nil.

Nun begeben wir uns an die Ufer des Rothen Meeres.

Neue Beobachtungen von Hull, über welche erst eine kurze Nachricht vorliegt, haben gezeigt, dass bei Suez Spuren eines alten Meeresstandes in beiläufig 200 (engl.) Fuss über dem heutigen Meere sichtbar sind; dies stimmt sehr nahe mit der Höhe der Pholadenzone bei Kairo.

Weit vollständiger sind die Berichte über die noch jüngeren und daher tieferen muschelführenden Lagen bei Suez.

Es hat sich Issel der dankenswerthen Aufgabe unterzogen, die organischen Ueberreste derselben zu untersuchen und mit der heutigen Fauna zu vergleichen.[42] Obwohl diese Muschelbänke nur wenige Meter über dem Meere liegen, vollkommen horizontal sind, die Bivalven in der Regel in ihrer natürlichen Lebensstellung enthalten, und obwohl einzelne Arten in denselben noch ihre ursprüngliche Färbung erkennen lassen, ist doch diese Fauna etwas verschieden von jener, welche heute im Golfe von Suez lebt. Es wurden im Ganzen 232 Arten in diesen Ablagerungen getroffen und von diesen sind 18 Gattungen und 105 Arten nicht als im Golf von Suez oder in jenem von Akaba lebend bekannt. Dagegen finden sich eilf echte mediterrane Arten vor; andere werden wahrscheinlich in entfernteren Theilen des Rothen Meeres noch angetroffen werden.

Ohne weiter in die Einzelheiten des Vergleiches einzugehen, begnügen wir uns mit der Thatsache, dass selbst bei dieser geringen Höhe der Strandlinie über dem heutigen Meere mediterrane Arten bei Suez sich der erythräischen Fauna beimengen konnten. Allerdings müssen wir aber sofort hinzufügen, dass heute bei Suez

mit den erythräischen Typen eine nicht geringe Anzahl von solchen Arten lebt, welche deutlich stellvertretende Formen von mediterranen Arten und oft von diesen nur durch gar geringe Merkmale getrennt sind. Unter diesen Umständen trage ich kein Bedenken, der Ansicht Issel's folgend, diese vicarirenden Arten als abgeänderte Formen anzusehen. Sie sind junge, durch Isolirung entstandene Arten. Die neuerliche, durch den Ausbau des Schifffahrtskanales ermöglichte Mengung beider Faunen vollzieht sich, wie Keller gezeigt hat, langsam und fast nur in Bezug auf die litoralen Formen.[43]

Manche Erscheinungen deuten darauf hin, dass die Senkung der Strandlinie keine allmälige, sondern vielmehr eine rhapsodische gewesen sei, wie dies an späterer Stelle auszuführen sein wird. Man hat aus historischen Quellen, insbesondere aus den Angaben über den Zug der Israeliten durch das Rothe Meer und den Untergang des Pharaoh Ptah Men geglaubt, den Beweis erbringen zu können, dass die Bittersee'n zu jener Zeit noch mit dem Rothen Meere in Verbindung standen und mit Seewasser gefüllt waren; doch sind neue Ansichten über die Linie des Ueberganges hervorgetreten und ich wage es nicht, ein Urtheil über diese Frage abzugeben.

Lesseps hat die auf die ältere Geschichte des Süsswasserkanales bezüglichen Angaben gesammelt, welche Herodot, Diodor, Plinius und Strabo geliefert haben. Für uns ist von Bedeutung, dass, wie ein Blick auf Herodot's Darstellung lehrt,[44] das Niveau des Nil zur Zeit Necho's, des Sohnes Psammetich's, genau dasselbe war wie heute, denn die Linie des Süsswasserkanales war dieselbe, welcher auf grössere Strecken hin heute der Süsswasserkanal folgt. Strabo erzählt, dass die Bittersee'n durch den Kanal süss geworden seien, und möglicher Weise hängt hiemit die Nachricht bei Renaud zusammen, dass nach den Bohrungen, welche in der Tiefe der Bittersee'n vorgenommen wurden, das stellenweise bis 7·5 M. mächtige Salzflötz auf Nilschlamm zu liegen scheine.[45]

Diodor meldet, dass Ptolemäus II. Schleussen eingeschaltet habe zum Oeffnen und zum Schliessen; deshalb heisse jener Theil des Kanals, welcher sich bei Arsinoë (Suez) ins Meer ergiesst, der Ptolemäische Fluss. Lesseps ist der Ansicht, dass man da-

mals bei dem kleinen Querschnitte des Kanals das Eindringen der Fluth des Rothen Meeres gefürchtet habe, dass es sich also um eine Fluthschleusse handle. Andererseits macht Lesseps aufmerksam, dass in der Nähe des Schaluf der heutige Süsswasserkanal mit dem alten Kanale identisch ist, und dass dieser heute mit einer Schleusse von 3 M. Fall über dem mittleren Niveau des Rothen Meeres endet. Es sei daher vor eilf Jahrhunderten, nämlich zur Zeit, als der Kalife Omar den Kanal erneuerte, die mittlere Höhe des Rothen Meeres um 3 M. höher gewesen als heute.[46]

Dass Süsswasserconchylien, wie Etheria und Spatha, welche heute nur am oberen Nil leben, schon zu jener Zeit in dieser Gegend vorhanden waren, als noch die Fauna des Rothen Meeres etwa 7—8 M. über dem heutigen Meeresniveau an den Bittersee'n lebte, wird von mehreren Beobachtern, insbesondere von Th. Fuchs, angegeben. Es finden sich jedoch über den jüngeren Meeresbildungen, wie zuerst Vaillant zeigte, am Schaluf, dann am Serapeum und an einzelnen anderen Punkten südlich vom Timsah, innerhalb des erythräischen Gebietes sehr regelmässige, mit Etherienschalen überhäufte Bänke; eine Bildung derselben durch den Süsswasserkanal allein ist höchst unwahrscheinlich, wie dies schon Issel mit Recht bemerkt hat. Nun darf aber nicht übersehen werden, dass der Lauf des Süsswasserkanales im Thale Gessen bis zu den Sieben Brunnen heraus ohne Zweifel einem alten Arme des Nil entspricht, und es geht aus den Beobachtungen, welche die Mitglieder der französischen Expedition nach Aegypten im Beginne dieses Jahrhunderts gesammelt haben, mit Bestimmtheit hervor, dass im Jahre 1800 vor der Wiederherstellung des Süsswasserkanales der Nil bei ausserordentlichem Hochwasser dieser selben Linie folgend, die Sieben Brunnen bei Ismailia erreicht hat. Der Fluss umspülte sogar die Höhe Scheich Ennedek, südlich vom See Timsah, fand aber den Abfluss nordwärts in die Lagune Ballah und gegen das Mittelmeer.[47]

Hieraus geht hervor, dass der Krokodilsee Timsah, welcher mitten auf dem Isthmus liegt, heute noch dem natürlichen Inundationsgebiete des Nil angehört.

Ziehen wir nun die Summe aus diesen einzelnen Angaben, so tritt zuerst die Thatsache hervor, dass alle jungen Meeresablagerungen.

welche den Isthmus zusammensetzen, horizontal liegen, dass der ganze niedrige Landstrich lediglich durch Verlandung gebildet zu sein scheint, und dass der Nil wenigstens von einem gewissen Zeitabschnitte an einen Antheil an dieser Verlandung genommen hat. Ferner geht hervor, dass bei mehr als sechzig Meter Höhe die Strandlinie des Rothen Meeres hinausreichte über das Nilthal und die Ablagerungen von Ghizeh gebildet wurden, welche Pecten erythraeus und Ostraea Forskali des Rothen Meeres enthalten, — dass noch bei 8 M. Höhe an den Bittersee'n die typische erythräische Meeresfauna erscheint, ihr jedoch einzelne erloschene Arten von mediterranem Charakter und auch Nilmuscheln beigemengt sind, — dass noch in sehr geringer Höhe über dem Meere bei Suez in den trocken liegenden Muschelbänken mitten unter den erythräischen Conchylien mehrere mediterrane Arten vorkommen, — dass endlich in der lebenden Fauna von Suez eine lange Reihe von mediterranen Conchylien durch vicarirende Arten vertreten ist. Es hat also bei höherer Lage der Strandlinie ein Uebergreifen des Rothen Meeres in das Gebiet des Mittelmeeres stattgefunden; später ist eine vorübergehende Mengung der Faunen eingetreten und bei sinkender Strandlinie haben sich dieselben wieder getrennt. Bei Suez aber sind durch die Abtrennung mediterraner Individuen nun vicarirende Arten entstanden.

Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass die letzten Bewegungen der Strandlinie der historischen Zeit angehören, und wir werden später angebliche Beweise solcher Bewegungen innerhalb der beiden letzten Jahrtausende im Mittelmeer antreffen. Als sicher kann aber gelten, dass der Nil einen Arm durch das Thal Gessen gegen die Sieben Brunnen sandte, als das Rothe Meer noch 6—8 M. über seinem heutigen Stande war und über die Bittersee'n heraufreichte. Ebenso sicher ist, dass seither die Strandlinie gesunken, der Nil aber seinen Stand nicht wesentlich verändert hat. Nun ist aber das Gefälle des Nil in seinem Unterlaufe ein äusserst geringes; Fraas nimmt dasselbe von Assuan bis Kairo mit 11 Centim., und von Kairo abwärts mit 4 Centim. auf den Kilometer, oder 1 : 9090 und 1 : 25.000 an. Der Fluss müsste daher jede Veränderung der Höhenverhältnisse des Landes empfinden. Es ist allerdings eine Aufschüttung von

Alluvien eingetreten, aber ich theile vollständig das von Fraas ausgesprochene abfällige Urtheil über alle bisherigen Versuche, chronologische Ergebnisse aus der je nach den örtlichen Umständen höchst verschiedenen Mächtigkeit dieser Aufschüttungen zu ziehen.[48]

So wie die horizontale Lage aller den Isthmus aufbauenden jungen Meeresbildungen verräth, dass ihre Trockenlegung nicht aus localen, sondern aus Ursachen von sehr grosser Ausdehnung hervorgegangen ist, so zeigt auch die Lage und die Vergangenheit des Nil, dass in jüngerer Zeit hier eine örtliche Erhebung des Landes unmöglich stattgefunden haben kann. Die meisten Beobachter haben dies gefühlt; Laurent, Vassel, Th. Fuchs meinten, der Nil selbst habe durch sein süsses Wasser die Meeresfaunen getrennt. Vassel und Fuchs fassen den ganzen Isthmus nur als eine junge Anschwemmung auf.[49] ‚Soll man,‘ frägt Laurent, ‚in neuerer Zeit eine langsame Erhebung annehmen, welche die harte Bank am Schaluf um 2 M. über den heutigen Stand des Rothen Meeres erhob, oder soll man den gleichzeitigen Rückzug beider Meere voraussetzen?‘[50] Ich meine, dass der unveränderte Zustand des Nil nur die letztere Annahme zulässt.

Allerdings bezieht sich dies nur auf den Unterlauf des Stromes. Schon bei Selsileh, also noch unterhalb der Katarakte, zeigen sich Flussconchylien und alte Terrassen nach Leith Adams in ziemlicher Höhe über dem Strome und weiter aufwärts sind solche Anzeichen höherer Wasserstände häufig; sie dürften 100 bis 120 Fuss über den Strom erreichen.[51] Hieraus folgt nur der Fortschritt der Erosion und das Sinken des Stromes mit der Senkung der Strandlinie. Das Alter des Nil ist aber ein sehr hohes.

Die Spuren der Nilfauna sind weit ausgebreitet. In den Alluvien von Ghenneh im peträischen Arabien traf Bauermann eine Schale der heute im Nil lebenden Spatha Chaziana und in den benachbarten uralten Türkisminen trafen sich mit Steinwerkzeugen Bruchstücke derselben Muschel.[52]

Schon vor Jahren brachte Tristram aus dem See Tiberias Chromis nilotica, einen bezeichnenden Fisch des Nil und andere Vertreter der Nilfauna und schloss schon damals auf das hohe Alter dieser Flussbevölkerung.[53] Lortet bestätigt diese Vorkommnisse;

der Spiegel des See's liegt nach diesem Beobachter in — 212 M.; die grösste Tiefe des See's, im Norden gelegen, ist 250 M., so dass noch hier der Boden die Tiefe von — 462 M. erreicht. Es sind aber rings um den See Terrassen sichtbar, welche bis zu der Höhe des Mittelmeerstrandes reichen, und mochte wohl leicht dereinst eine Verbindung über die Ebene Jezreel bestanden haben.[54]

In der Umgebung von Beyrut lebt Trionyx aegyptiacus, aber die sonderbarste unter dieser Reihe von Thatsachen ist wohl der Umstand, dass 3 Kilom. nördlich von Cäsarea, an der sumpfigen Mündung des Nahr e' Zerka oder Krokodilflusses, sich bis heute das Krokodil des Nil erhalten hat. Plinius kannte hier eine Stadt Crocodilon, Strabo erwähnte sie, und heute noch trägt eine Dorfruine diesen Namen; in neuerer Zeit hat Böttger die einschlägigen Nachrichten gesammelt, aus welchen hervorgeht, dass das Thier nicht selten ist, dass es zuweilen Kinder oder Schafe anfällt und dass im April 1877 in der Nähe des Flusses ein 3 M. langes Individuum erlegt wurde.[55]

Diese Erfahrungen werfen zugleich ein unerwartetes Licht auf die oft und mit vielen begleitenden Einzelheiten wiederholten Berichte über die in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts durch den Ritter Deodat von Gozon ausgeführte Tödtung eines beschuppten Ungeheuers auf der Insel Rhodos.[56]

So liegen die Anzeichen der alten Nilbevölkerung ausgestreut über das Land; sie ist älter als ein guter Theil des vorliegenden Mittelmeeres und älter als der Grabenbruch des Todten Meeres. Sie ist vielleicht sogar eben so alt als der Uebergang von der aufsteigenden zu der absteigenden Schichtreihe bei Suez.

Anmerkungen zu Abschnitt V: Die grosse Wüstentafel.

1 Pomel, Le Sahara, p. 23, 26 u. an and. Stellen.

2 Rolland, Sur le terr. crét. du Sahara septentr. Comptes rend. 1880, XC, p. 1576—1578 u. Bull. soc. géol. 1881, 3. ser. IX, p. 508—551, pl. XIII—XV; Mission Trans-Saharienne, Géol. et Hydrol., Ann. des Mines, 1880, 7. ser. XVIII, p. 152—164 u. Karte; ferner: Roche, Itinéraire de Biskra chez les Touaregs; Comptes rend. 1880, XC, p. 1297; Sur la géol. du Sahara septentr. eb. das. 1880, XCI, p. 890—893.

3 K. A. Zittel, Ueber d. Bau d. libyschen Wüste; Festrede k. bayr. Ak. Wissensch. 1880; ferner: Beitr. z. Geol. u. Paläont. d. Libyschen Wüste (Expedit. z. Erforschung d. lib. Wüste im Winter 1873—74 ausgef. v. G. Rohlfs); 4° Cassel, 1883.

4 C. v. Fritsch, Ueb. d. geol. Verhältnisse in Marocco; Zeitschr. f. d. ges. Naturw., Halle, 1881, 3. Folge, VI, S. 201—207.

5 O. Lenz, Vorläuf. Bericht in Mittheil. Afrik. Gesellsch. 1880, II, S. 100 u. folg.; Karte in Petermann's Mittheil. 1884; Kurzer Bericht üb. meine Reise von Tanger nach Timbuktu u. Senegambien; Zeitsch. d. Ges. f. Erdk. 1881, XVI, S. 272—293.

6 Rolland, Bull. soc. géol. 1881, p. 511.

7 Dru in Roudaire, Rapport sur la dernière Expéd. des Chotts; 8° Paris, 1881, p. 45—60.

8 Von den zweifelhaften Spuren des Urgo-aptien meine ich keine Erwähnung thun zu sollen, weil nirgends im Gebiete dieses Vorlandes eine Bestätigung für das Vorkommen solcher Ablagerungen bis heute gewonnen worden ist.

9 Tagebuch des verstorbenen Dr. Erwin von Bary, geführt auf seiner Reise von Tripolis nach Ghât u. Aïr; Zeitschr. Ges. Erdkunde, Berlin, 1880, XV, S. 334—418.

10 G. Rohlfs, Quer durch Afrika; 8°, 1874, I, S. 238—274; G. Nachtigal, Saharâ und Sûdân, 8° 1879, II, S. 491—554.

11 Nachtigal eb. das. II, S. 111; auch S. 109, schwärzlicher Sandstein der Oase Kirdi in Borkû. Im Egei sind die Abhänge zu der Niederung terrassirt.

12 G. Stache, Fragmente einer afrikan. Kohlenkalkfauna aus d. Gebiete d. West-Sahara; Denkschr. Ak. Wien, 1883, XLVI, S. 369—418, Taf.

13 Beyrich, Bericht üb. die von Overweg auf d. Reise von Tripoli nach Murzuk u. von Murzuk nach Ghât gefund. Versteinerungen; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1852, IV, S. 143—161; insb. S. 159, 160.

14 Rohlfs am ang. Orte, I, S. 269.

15 Zittel, Libysche Wüste, S. CXXXI, Note 2.

16 H. J. Carter, Memoir on the Geol. of the South East Coast of Arabia; Journ. Bombay Branch Asiat. Soc. 1852, IV, p. 21—96. Von weiteren Arbeiten über diese Küste mag W. T. Blanford, Note on Maskat and Massandim, Rep. geol. Surv. Ind. 1872, V, p. 75—77, erwähnt sein, weil dort die Vermuthung ausgesprochen ist, der dunkle Kalk der Strasse von Hormuzd könne der Trias angehören; Myophoria wird angeführt, aber auch Exogyra, so dass die vorhandenen Andeutungen sich widersprechen.

17 P. M. Duncan, A Descript. of the Echinodermata from the Strata on the South-East. Coast of Arabia, and at Bagh on the Nerbudda; Quart. Journ. geol. Soc. 1865, XXI, p. 349—363.

18 Die Darstellung Vélain's, Mission de S. Paul 4° 1879, p. 1—92, scheint mir der älteren Angabe, dass Aden wirklich eine Ausbruchsstelle sei, nicht zu widersprechen. Das Kalkgebirge dürfte sich landeinwärts bis an den oberen Jura im Lande der südlichen Galla erstrecken; Rich. Brenner's Forschungen in Ost-Afrika; Peterm. geogr. Mitth. 1868, S. 365.

19 B. Balfour, Bericht vor der Brit. Assoc. im J. 1881; T. G. Bonney, On a Collect. of Rock Specimens from the Isl. of Socotra; Phil. Trans. 1883, vol. 174, a, p. 273—294, pl. VI, VII.

20 Ferret et Galimier, Voyage en Abyssinie, vol. III, Géol. Die gesammten älteren Erfahrungen über diese vulcanische Region sind vereinigt in T. E. Gumprecht, Die vulcan. Thätigkeit auf d. Festlande v. Africa, in Arabien u. auf d. Inseln d. Rothen Meeres, 8° Berl. 1849, S. 103—193.

21 Rochet d'Héricourt, Bull. soc. géol. 1846, 2. sér. III, p. 541 folg.; Second Voyage dans le Pays des Adels, 8°, Paris, 1846; Dufrénoy, Rapport, Comptes rend. 1846, XXII, p. 806 u. folg.

22 W. T. Blanford, Observations on the Geol. and Zool. of Abyssinia, 8°, Lond. 1870, p. 143—203 u. geol. Karte.

23 Blanford, eb. das. p. 177, Anmerkung.

24 R. F. Burton, The Gold-Mines of Midian and the ruined Midianite Cities; 8° Lond. 1878.

25 J. Milne, Geol. Notes on the Sinaitic Penins. and Northwest. Arabia; Quart. Journ. geol. Soc. 1875, XXXI, p. 1—28.

26 L. Lartet, Essai sur la Géol. de la Paléstine et des contr. avois.; Ann. d. sciences géol. 1869, I, p. 1—116, 149—329 u. Karte; und: Exploration géol. de la Mer Morte, de la Paléstine et de l'Idumée; 4° Paris, 1875 (?); dieser Band bildet einen Theil der Expédition scientif. du Duc de Luynes.

27 Osc. Fraas, Aus dem Orient; geol. Beobachtungen am Nil, auf d. Sinai-Halbinsel u. in Syrien; 8° Stuttgart, 1867.

28 R. Tate, On the Age of the Nubian Sandstone; Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 404—406. Pomel, Bull. soc. géol. 1876, 3. sér. IV, p. 524—529.

29 l'Abbé Raboisson, Contrib. à l'histoire stratigr. du Relief du Sinai, et spécialem. de l'âge des porphyres de cette contrée; Comptes rend. 1883, XCVI, p. 282—285.

30 Zittel, Libysche Wüste, S. LIX.

31 Léon Vaillant, Note s. l. constitut. géol. de quelques terr. des env. de Suez; Comptes rend. 1864, LIX, p. 867—868 u. Bull. soc. géol. 1865, 2. sér. XXII, p. 277—286.

32 E. Beyrich, Ueb. geognost. Beobachtungen G. Schweinfurth's, Sitzungsber. Akad. Berlin, 1882, X, S. 175. Ein Auftreten vulcanischer Gesteine bei Abu Zábel am Süsswasserkanale haben Beyrich u. Arzruni beschrieben; eb. das. S. 177, 185, Taf. V. Figari Bey bezeichnet im peträischen Arabien auf seiner geolog. Karte eine ganze Anzahl solcher Punkte, diese Angaben entbehren aber noch der Bestätigung.

33 H. Bauermann, Note on a Geol. Reconnoiss. made in Arabia Petraea in the Spring of 1868; Quart. Journ. geol. Soc. 1869, XXV, p. 17—39, pl. I.

34 Lartet nimmt nur eine sehr flache Wölbung des judäischen Landes an, aber nach den Einzelangaben bei Fraas S. 72 u. folg. bin ich diesem gefolgt.

35 In Bezug auf die Zeit des Einsturzes und den Vorgang bei dem Grabenbruche des Todten Meeres mag noch Folgendes erwähnt sein. Bis zur Höhe von etwa 100 M. also 292 M. unter dem Mittelmeere, ist das Todte Meer von sehr jungen Alluvien umgürtet, welche Lartet die ‚Depôts de Liçan' nennt. Diese liegen horizontal, sind dünngeschichtet und enthalten Gyps, aber weder organische Reste, noch Spuren vulcanischer Gesteine, obwohl der östliche Abhang mit basaltischen Ausbrüchen besetzt ist. Lartet

folgert, dass der Bruch älter sei als diese Eruptionen, und unterscheidet unter den Laven ältere, welche tafelförmig auf den Höhen sich ausbreiten, und jüngere, deren Ströme in jungen Erosionsthälern liegen. Ist nun der Ostrand des Todten Meeres in der That so weit erforscht, dass man mit einiger Bestimmtheit von dem Fehlen basaltischer Spuren in den dortigen Depôts de Liçan sprechen mag, worüber mir ein Urtheil nicht zusteht, so folgt aus der Horizontalität dieser Ablagerungen ferner, dass alle die jüngeren Ausbrüche von einer wesentlichen Veränderung der Hauptsenkung nicht begleitet gewesen sind. Die Erschütterungen gehen bekanntlich bis in die neueste Zeit fort; am Rothen Meere sind mehrere vulcanische Ausbrüche aus historischer Zeit bekannt.

36 Fraas, Aus d. Orient, S. 33.

37 Wilfr. Scawen Blunt, Notes on the physic. Geogr. of northern Arabia, in: Lady Anne Blunt, A Pilgrimage to Nejd; 8°, 1881; II, p. 235—248. Die eben erscheinende Darstellung W.-Arabien's von Doughty macht es wahrscheinlich, dass der Granit von Haïl gegen SW. bis Mekka reiche, und zeigt zum ersten Male die grosse Bedeutung der vulcanischen Harra's; Travels in N. W. Arabia and Nejd; Proc. geogr. Soc. 1884, p. 365—399, Karte.

38 Ch. Laurent, Essai géol. sur les terrains, qui composent l'Isthme de Suez; extr. de l'Annuaire 1870 de la Soc. des anc. Elèves de Ec. imp. d'Arts et Mét.; 8°, S. Nicolas-de-Port, 143 pp. u. 2 Taf.

39 F. de Lesseps, Communic. sur les lacs amers de l'Isthme de Suez; Comptes rend. 1874, LXXVIII, p. 1740—1748; Deuxième Note, eb. das., 1876, LXXXII, p. 1133—1137.

40 Th. Fuchs, Die geol. Beschaffenheit d. Landenge v. Suez; Denkschr. Ak. Wien, 1877, XXXVIII, S. 25—42, 3 Taf.

41 G. Schweinfurth, Ueb. die geol. Schichtengliederung des Mokattam bei Cairo; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1883, XXXV, S. 716 u. folg.

42 Ant. Issel, Malacologia del Mar Rosso; 8°, Pisa, 1869, p. 17 u. Catal. delle Conch. foss. raccolte sulle spiagge emerse del Mar Rosso, p. 245—303.

43 C. Keller, Die Fauna im Suez-Kanal u. die Diffusion d. mediterran. u. erythräisch. Thierwelt; Neue Denkschr. Schweiz. Ges. 1883, XXVIII, 39 SS., 2 Taf.

44 Herodot, Euterpe, II, 157 u. folg.

45 Renaud, Note sur la constit. géol. de l'isthme de Suez; Comptes rend. 1856, XLII, p. 1163—1167.

46 Lesseps, Comptes rend. 1874, p. 1743; auch Laurent, Essai, p. 63. Hier ist es nöthig, einige Worte über die Schwelle des Schaluf zu sagen, welche die Bittersee'n südwärts von der Lagune von Suez und dem Rothen Meere scheidet. Laurent und Lesseps meinten, einen Sporn der miocänen Schichten des Dj. Genef zu sehen; ich fand diesen nicht und ebensowenig hat denselben Th. Fuchs angetroffen. Im Jahre 1869 wurde es mir gestattet, diesen Theil der Berme des Kanals durch eine kleine Grabung blosszulegen, aber allerdings war der Kanal bereits mit dem Meere in Verbindung, und ich habe daher den tieferen Theil von Laurent's Profil nicht gesehen. Was ich antraf, war blauer, gypsreicher Thon, über demselben, gegen Nord geneigt, gegen oben sich auskeilend, eine harte braungelbe Bank, welche hauptsächlich aus zelligem Gyps bestand und die Kante einer grösseren schalenförmigen Gypsablagerung zu sein schien und an deren Oberfläche etwa 1·5 M. über dem Meere Bohrlöcher sichtbar waren; darauf folgte wieder blauer Thon und Gyps.

47 Den sonst sehr schätzenswerthen Beobachtungen der grossen wissenschaftlichen Expedition, welche Napoleon I. nach Aegypten begleitete, liegt leider ein ganz irrthümliches Nivellement zu Grunde.

48 Fraas, Aus d. Orient, S. 212.

49 Th. Fuchs, Ueb. d. geol. Beschaffenheit d. Landenge von Suez u. d. Amur-Liman im Nord-japanischen Meere; Verhandl. geol. Reichsanst. 1881, S. 178—181; die

ältere Ansicht von der Erhebung des Landes wurde vertreten von Ferret et Galimier, Note sur le Soulèvement des Côtes de la Mer Rouge et l'ancien Canal des Rois 8° Paris, 1847 (aus d. Voy. en Abyssinie).

50 Laurent, Essai géol. p. 17.

51 A. Leith Adams, Notes on the Geol. of a Portion of the Nile Valley north of the 2 d Cataract in Nubia, taken chiefly with the View of induc. further Search for fluviat. Shells at high levels; Quart. Journ. geol. Soc. 1864, XX, p. 6—19.

52 Bauermann am ang. O. Quart. Journ. 1869, XXV, p. 35. Die Muschel hat offenbar den Arbeitern als Nahrung gedient; diese Gruben, am Wadi Maghara gelegen, welcher in W. Ghenneh mündet, wurden nach Lepsius bereits im vierten Jahrtausend vor Chr. entdeckt u. durch eine Arbeitercolonie ausgebeutet; dess. Briefe aus Aegypt., Aethiop. u. d. Halbinsel des Sinai, 8°, 1852, S. 336.

53 A. Günther, Rep. on a Collect. of Reptiles and Fishes from Palestine; Proceed. Zool. Soc. 1864, p. 488—493; H. B. Tristram, Nat. hist. Review, 1865, XII, p. 541—544 u. an and. Ort.

54 Lortet, Dragages profondes exéc. dans le lac de Tibériade (Syrie); Comptes rend. 1880, XCI, p. 500—503. — Es ist unter Berufung auf ältere Beobachtungen Tristram's angenommen worden, dass Terrassen am Rothen Meere die Höhe der Schwelle von Arabah erreichen, und dass einstmals ein südlicher Abfluss stattgefunden habe (Nature, March 19, 1883, p. 520), aber Lartet's genaue Angaben (z. B. Bullet. soc. géol. 1865, 2. ser. XXV, p. 448 u. folg.) weisen nicht nach dieser Richtung und es ist sehr unwahrscheinlich, dass die hohe südliche Schwelle überschritten worden sei, da doch dem See von Tiberias in tieferem Niveau ein Ausgang zum Mittelmeere gegeben war.

55 Osk. Böttger, Die Reptilien u. Amphibien von Syrien, Palästina u. Cypern; Ber. Senckenberg. naturf. Gesellsch. 1879—80, S. 199—206 u. Karte des Nahr e' Zerka, Taf. IV. Der ‚Leviathan' bei Hiob, Cap. 40 u. 41 ist sicher das Krokodil, aber es kann daraus kaum eine Berufung auf das Thier des Nahr e' Zerka gefolgert werden, weil der zugleich besprochene ‚Behemoth' offenbar das Nilpferd ist. Beide Thiere hat schon Sam. Bochart, Hierozoicon, fol° 1563, II, p. 753—796 ganz richtig gedeutet. Hierüber auch K. Schlottmann, Das Buch Hiob, 8°, 1851, S. 490—503.

56 Wir besitzen hierüber insbesondere eine ausführliche Erzählung in Jac. Bosio, Istoria della sacra Religione et Illma Militia di San Giovanni Gierosolomit. Fol° Roma, 1594, II, p. 45—47. Das Ereigniss soll sich an einer Quelle unter dem Hügel des Kirchlein's S. Stefano an der Strasse von der Stadt nach Casali, und zwar unter dem Grossmeister Helion de Villanuova (1322—1346) zugetragen haben. Bosio's Erzählung enthält alle jene dem Kampfe vorangehenden und nachfolgenden Einzelheiten, welche in dem Gedichte F. v. Schiller's Raum gefunden haben. Abgesehen von manchen Abenteuerlichkeiten in der Beschreibung des Thieres ist zu erwähnen, dass der Ritter sich demselben durch das Wasser nähern musste, dass er vom Pferde steigen musste, um es zu bekämpfen, und dass die minder stark beschuppte und verwundbare Stelle sich unter dem Halse befand.

SECHSTER ABSCHNITT.

Das gebrochene indische Festland.

Südafrika. — Die ostindische Halbinsel. — Madagascar. — Uebersicht.

Südafrika. Die Lothungen in der Nähe des Caplandes haben gezeigt, dass die östliche wie die westliche Küste Südafrika's weit steiler zur Tiefe sinken als der südlichste Theil, welchem die Agulhasbank vorliegt. Die Hundert-Fadenlinie entfernt sich etwa vom Cap der guten Hoffnung im Westen und von der Algoabucht im Osten mehr und mehr von dem Umrisse des Festlandes, umfasst die Agulhasbank und reicht etwa zwei Breitegrade südlich vom Festlande in das Meer hinaus.[1]

Die Hundert-Fadenlinie stimmt also nicht mit dem stumpfen Umrisse der Küste überein, sondern verlängert denselben gegen Süd. Es lässt ferner jede bessere geographische Karte erkennen, dass auch der Verlauf der Höhen im Innern des Landes zwar deutlich in Beziehungen steht zu dem Verlaufe der Küste, dass jedoch eine wesentliche Abweichung auch hier besteht. Eine Reihe paralleler Züge läuft von der Algoabucht oder der Küste zwischen der Algoabucht und Cap Agulhas gegen West und beiläufig in der Gegend von Worcester, NO. von der Capstadt, beugt sich das Streichen derselben, dem Verlaufe der Küste entsprechend, gegen NNW. in die Richtung von Namaqua-Land. Hieher gehören die Winterhoekberge, Lange Berge, die grossen und kleinen Zwarteberge, Witteberge, weiterhin die Berge des Cold Bokkeveld,

die Cedarberge und Andere. Diese Bergzüge bilden eben so viele Umwallungen des inneren Hochlandes, der Karoo; da sie jedoch zwischen Algoabucht und Cap Agulhas gegen das Meer ausstreichen, ist gleichsam im Südosten ein zu wenig an Festland, im Südwesten ein zu viel vorhanden und dem Cap der guten Hoffnung fehlt ein entsprechendes Gegenstück an der Ostseite des Festlandes.

Diese Asymmetrie des Umrisses ist in dem Baue des Landes begründet und tritt auf den geologischen Karten deutlich hervor.

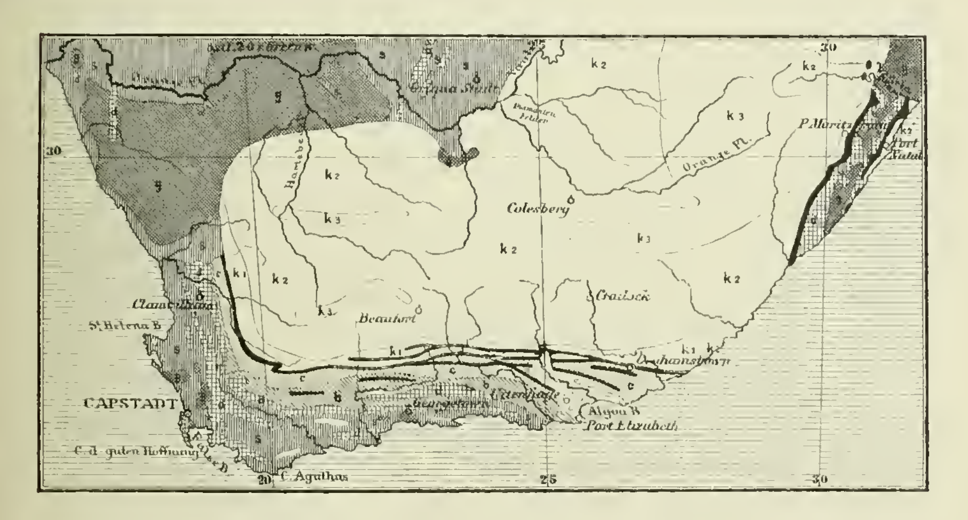


Fig. 44. Südafrika (hauptsächlich nach Dunn).

g Granit und Gneiss; *s* Silur; *d* Devon; *b* Porphyrzüge; *c* Carbon; *schwarz* Dwyka-Conglomerat; k_1, k_2, k_3 Karoo-Sandstein und Grünsteindecken; *weiss* in der Nähe der Algoabucht und nordöstlich von C. Agulhas Uitenhage Formation und junge Meeresbildung (Tert. oder Quart.). Die Kreideschollen an der Küste von Natal konnten nicht ausgeschieden werden.

Bain hat diesen Umstand schon vor Jahren im Wesentlichen richtig dargestellt[2] und noch deutlicher zeigt er sich auf Dunn's Karte von Südafrika.[3]

Die Gesteine der Höhenzüge, welche zwischen Cap Agulhas und Algoabucht unter das Meer gesunken waren, finden zum Theile ihre Fortsetzung in Natal, während an der Zwischenstrecke, zwischen Great Fish River und S. John's River, hauptsächlich in Brit. Kaffraria, die Bildungen der Karoo aus dem Innenlande bis an's Meer reichen und keine vorliegende Umwallung von parallelen Bergzügen sie umgibt. Wo diese Umwallung aber vorhanden ist, besteht sie aus den ältesten Felsarten, während gegen Innen jüngere

Bildungen liegen, und die grossen Sandsteintafeln der Karoo, welche in Brit. Kaffraria ans Meer kommen, sind die jüngsten Glieder dieser Serie, so, dass das ganze Land einer grossen Schale gleicht, deren Rand die älteren Gesteine bilden, welcher Rand aber in ungleichförmiger Weise zur Tiefe gebrochen ist. Gegen das Cap der guten Hoffnung ist derselbe in seiner grössten Breite sichtbar; in Brit. Kaffraria ist er ganz verschwunden. Der Sandstein des Tafelberges ist eine transgredirende Scholle auf dem Umwallungsgebirge.

So tritt also die Asymmetrie und mit derselben die Bedeutung der Einbrüche für dieses Stück Festlandes schon bei dem ersten Anblicke der Karte hervor. ‚Der Tafelberg-Sandstein', schrieb vor Jahren F. v. Hochstetter, ‚bildet gewissermassen den Rand der grossen Continentalplatte, welche aus den zonenförmig oder beckenförmig über einander gelagerten Formationen der grossen Karoo besteht; dieser Rand ist in vielfachen parallelen Bruchlinien niedergebrochen und die Küstenlinie selbst bezeichnet wohl nur die am tiefsten gehende Bruchlinie.'[1]

Es sind drei tektonische Glieder vorhanden.

Das erste Glied bilden die archaischen Felsarten und paläozoische Ablagerungen, aus welchen in der Capcolonie marine Devonversteinerungen und carbonische Pflanzenreste bekannt sind; sie sind gefaltet und erodirt; sie bilden die mehrfach erwähnten Umwallungsberge und den Sockel des Tafelberges und erreichen in Namaqua-Land, in Griqua-Land West und in der Kalahara grosse Ausdehnung.

Das zweite Glied sind die Karoo-Ablagerungen. Ihrem Alter nach reichen sie von der permischen Zeit in die Trias; sie sind mehrere tausend Fuss mächtig, liegen flach auf dem alten gefalteten Gebirge und haben noch niemals eine Spur von Meeresthieren geliefert.

Das dritte Glied endlich besteht aus jüngeren, marinen Anlagerungen der mesozoischen Zeit; sie sind noch niemals auf der Höhe der inneren Tafelgebirge und überhaupt noch niemals in allzu grosser Entfernung von der heutigen Meeresküste angetroffen worden; sie nehmen nur geringen Einfluss auf die Gestaltung des Continentes und ich werde sie erst an späterer Stelle besprechen.

Die grösste Wichtigkeit erlangt für das Innere des Landes das zweite Glied, die Ablagerungen der Karoo. Sie beginnen in der ganzen Capcolonie und in Natal, wie namentlich bei Pieter-Maritzburg, mit einer zuweilen sehr mächtigen Anhäufung grosser Blöcke, welche zuerst Sutherland als von Eis herbeigetragen darstellte und der permischen Eisdrift England's verglich.[5] Sie werden als Dwyka-Conglomerate bezeichnet und bilden einen Theil der tiefsten von Bain unterschiedenen Gruppe, der Ecca-Beds. Ueber ihnen liegen die unteren Karoo- oder Koonap-Sandsteine und Schiefer, welche in Klein-Roggeveld und an anderen Orten zahlreiche fossile Bäume enthalten. Die nächstfolgenden Ablagerungen sind die weit ausgebreiteten oberen Karoo-Sandsteine oder Beaufort-Beds; sie umschliessen neben Glossopteris Browniana und vielleicht Phyllotheca indica, stellenweise Reste von Palaeoniscus, insbesondere aber Dicynodon, Oudenodon, Galesaurus, dann Micropholis und andere fremdartige Reptilien. Ihnen sind die Stormberg-Beds aufgelagert, weisse und gelbliche Sandsteine, mit grauen und röthlichen Schieferlagen und häufig kohlenführend. Diese enthalten auch Reptilienreste, doch scheint Dicynodon zu fehlen; aus diesen Ablagerungen dürfte der bei Thabachou, Basuto-Land, gefundene Rest eines Säugthieres, des Tritylodon longaevus, stammen.[6]

Diese flachgelagerten Sandsteinmassen enthalten zahlreiche Decken vulkanischer Gesteine, welche als porphyritische Mandelsteine, als Melaphyr, Trapp, Basalt oder als Grünstein von den verschiedenen Autoren bezeichnet werden und in neuerer Zeit vielfach der Gegenstand petrographischer Untersuchungen gewesen sind. Sie scheinen von sehr mannigfaltiger Beschaffenheit zu sein; sie sind oft die Veranlassung zu auffallenden Stufen an den Abhängen der Tafelberge und setzen auch häufig die höchsten Theile, gleichsam das Dach derselben zusammen. So bildet nach Stow ein Bruchstück einer solchen Decke den grossen Absturz unter dem Gipfel des Hangklip, welcher südlich von den Stormbergen weit und breit die Gegend überragt,[7] und ebenso besteht der Kamm eines grossen Theiles jenes gewaltigen Absturzes, mit welchem die Quathlamba- (Draken-) Berge ostwärts gegen Natal abfallen und auch der höchste Theil desselben, der

auf etwa 10.000 Fuss geschätzte Mont-aux-Sources, nach Griesbach aus der Kante einer solchen Decke.[8]

So scharf sich nun im Allgemeinen die flachgelagerten Massen der Karoo von dem Dwyka-Conglomerate bis zu den Stormberg-Beds von der gefalteten Unterlage abtrennen mögen, gibt es doch nach den vorliegenden Darstellungen noch eine schwierige und nicht ganz gelöste Frage. Es treten nämlich an dem Tafelberge, sowie weit davon in Natal, unmittelbar über dem gefalteten Gebirge transgredirende oder doch scheinbar transgredirende Sandsteinmassen auf, welche älter sind als die Karoo-Sandsteine und vielleicht eine dem Dwyka-Conglomerate vorangegangene Transgression anzeigen; sie werden von Griesbach und Anderen als Tafelberg-Sandstein bezeichnet. —

Die Faltungen des älteren Gebirges, welches, wie wir sahen, im Süden des Continentes in der Gestalt umwallender Rücken der grossen Tafelmasse der Karoo-Sandsteine vorliegt, streichen zuerst westlich von der Algoabucht von OSO. gegen WNW., weiterhin von Ost nach West, entsprechend dem Verlaufe der Bergrücken, und auch der Südrand des Sandsteingebietes verläuft nahezu in derselben Richtung.[9] Etwa von der Capstadt an folgt dieses ältere Gebirge der Westküste gegen Nord, und in Namaqua-Land bildet Gneiss den grössten Theil der Oberfläche, doch liegen demselben vereinzelte Schollen des horizontal gelagerten Tafelberg-Sandstein's auf.[10] Diesem ausgedehnten Gneissgebiete folgt ostwärts ein paläozoisches Gebiet, welches die westliche Hälfte von Griqualand West umfasst, und dessen Bau, obwohl es bisher noch keine fossilen Reste geliefert hat, dennoch durch Stow in seinen wesentlichen Grundzügen bekannt geworden ist; Anderson's Karte der Kalaharawüste lässt die nördliche Fortsetzung der von Stow unterschiedenen Gebirgsglieder erkennen.[11]

Wir gehen zur Verfolgung dieser wichtigen Arbeiten von einem leicht erkennbaren Punkte, der Einmündung des Vaal in den Oranjefluss, aus. Von diesem Punkte zieht in der Richtung gegen Nordost, erst dem Vaalflusse parallel, dann dem Laufe des Haartflusses folgend, eine beträchtliche Stufe durch das Land, welche die Grenze des paläozoischen Gebirges gegen die ostwärts ausgebreiteten horizontalen Ablagerungen bezeichnet. Diese Stufe

wird als Campbell-Range bezeichnet; sie ist aber keine Kette, sondern der Rand einer ausgedehnten, wie es scheint, mehr oder minder schildförmigen Fläche und besteht aus den Schichtenköpfen einer mächtigen kieselreichen Kalksteinablagerung; an ihrem Fusse kommen da und dort Reste einer noch älteren, steil aufgerichteten Schichtenreihe zum Vorschein.

Wir ersteigen nun, etwa von Campbelltown ausgehend, den Abhang von Campbell-Range und kreuzen das breite Kalkgebiet bis Griquatown. Hier ist der Kalkstein zu Ende und folgen, gegen NNO. streichend, die langen Züge der Griquatown- (Kuruman-) Range. Diese bestehen aus Kieselschiefer, führen Magneteisenstein und von dem südlichen Theile wird Asbest angeführt; diese Range ist es, welche in dem scharfen, gegen Süd gerichteten Knie des Oranjeflusses bei Prieska durchbrochen wird. Griquatown-Range reicht im Norden weit über Griqualand hinaus; im Süden jenseits des Oranjeflusses findet sie ihre Fortsetzung in dem gegen Südost streichenden Doornberge; diese Zone des Gebirges ist auf eine Länge von mehr als zwei Breitegraden bekannt.

Es folgt derselben gegen West bei Moss Fontein und Angeluk ein Gebiet von Feldspathgesteinen und Mandelstein von beträchtlicher Ausdehnung und vielfach von rothem Sand bedeckt. Hierauf erreicht man noch weiter im Westen die langen Rücken der Matsáp- und Klipfonteinberge, welche aus altem, gefaltetem Quarzit zusammengesetzt sind und der Griquatown-Range parallel gegen NNO. streichen. Sie sind nur die Vorketten des Langeberges, jenes merkwürdigen Zuges, welcher zwischen Bul Fontein und Kheis vom Oranjeflusse durchquert wird, und welcher, aus dem Süden herübertretend, erst den früher genannten Zügen parallel gegen NNO., weiter im Norden aber in der Richtung des Meridian's sich weit gegen Nord, nach Anderson's Karte sogar, den östlichen Theil der Kalaharawüste begleitend, bis in die Nähe des 22. Breitegrades erstreckt. Demnach würde die Länge des Langeberges etwa sieben Breitegrade betragen. Soweit er erforscht ist, besteht dieser merkwürdige Zug, sowie die unmittelbar vorhergenannten, aus gefaltetem oder sehr steil aufgerichtetem Quarzit, welchen Stow, allerdings nur vermuthungsweise, für devonisch hält. Nun erreicht man die Ausläufer der Sandwüste und

bei Kheis schieferige Felsarten, deren Anschluss an den Gneiss von Namaqualand nur in sehr unvollständiger Weise bekannt ist.

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass in der Mitte des Continentes ein ausgedehntes gefaltetes paläozoisches Gebiet vorhanden ist, welches gegen Nord oder Nordnordost streicht, und entweder durch Zerstörung der Karoo-Ablagerungen blossgelegt wurde, oder, wie Stow meint, die ursprüngliche Umgrenzung dieser Ablagerungen bildete. Die Kalaharawüste scheint ganz oder doch zum grössten Theile diesem paläozoischen Gebiete anzugehören.

Nachdem dies festgestellt ist, wenden wir uns zu den flach gelagerten Massen der Karoo.

Der Verlauf des geschlossenen Südrandes ist auf Fig. 44 aus den Zügen des Dwyka-Conglomerates ersichtlich; über demselben erhebt sich der untere, hierauf der obere oder Beaufortsandstein, welcher weit und breit die Oberfläche des Landes bildet. Im Westen sind ihm nur einzelne Schollen der Stormberg-Beds aufgelagert, während dieselben im Osten eine zusammenhängende Decke bilden.

Den südlichen Rand der grossen Sandsteinregion begleiten in der Cap-Colonie Kliprug Kop bei Calvinia, Schoorstein Berg, Schildpad Kop, Spitzkop und viele andere; der grosse Winterberg gehört dem Sandsteingebiete an. Das Dwyka-Conglomerat erreicht in der Nähe der Mündung des Great Fish River das Meer und taucht bei S. John's River nördlich von Kaffraria wieder aus demselben hervor. Zwischen diesen beiden Stellen tritt, wie wir bereits sahen, die Sandsteinmasse an das Meer.

Der Ostrand der Sandsteinmasse ist sehr scharf bezeichnet und läuft durch Natal, durch Zulu-Land und das östliche Transvaal bis in die unmittelbare Nähe des Olifantflusses; er lässt sich von 31° 30′ bis etwa 24° 15′, also durch mehr als sieben Breitegrade verfolgen. Von Westen her steigt das Tafelland an, und dann senkt es sich plötzlich gegen Natal herab. Es ist bereits gesagt worden, dass die Quathlamba- oder Drakenberge die östliche Kante des Tafellandes bilden, dass sie in dem etwa 10.000 Fuss hohen Mont-aux-Sources ihre grösste Höhe erreichen, und dass eingeschaltete Effusivdecken die Kante, wie die aufgesetzten Gipfel bilden.

Bei der näheren Betrachtung dieser wichtigen Linie folgen wir nun für Natal den Darstellungen von Griesbach [12] für die Gegend zwischen Lydenburg und der Delagoabucht jenen von Cohen.[13]

Zuerst ist zu bemerken, dass diese Linie keine gerade ist; es tritt insbesondere im Quellgebiete des Tugela eine grosse Ausbuchtung ein, durch welche der Kamm gegen West verschoben wird, obwohl er weiter im Norden wieder beiläufig dieselbe Richtung annimmt, welche er durch Natal verfolgte. Weiter im Norden endet er vor dem Olifantflusse, und während das Plateau von Lydenburg etwa 1800—1900 M. misst, und viele Höhen sich auf demselben über 2000 M., der Mauchberg sogar bis 2660 M. erheben, liegt tief unten in 600 M. der Lauf des Olifant.

Trotz seiner Ausbuchtungen ist dieser Ostrand des Sandsteingebirges in Natal und Zululand gewiss, nach aller Wahrscheinlichkeit aber auf seiner ganzen Länge, durch einen sehr grossen Abbruch bedingt, wie dies Rehmann richtig erkannt hat.[14] Es geht dies für mich aus dem Umstande hervor, dass tief unten an der Ostküste von Natal und auch an nördlicheren Stellen die abgesunkenen Schollen des Dwyka-Conglomerates und der Karoosandsteine angetroffen werden. Dies ist auch der Grund, warum auf Fig. 44 in Natal noch eine östliche Zone von Dwyka-Conglomerat sichtbar ist.

Verfolgen wir das Querprofil der Quathlambakette und des Vorlandes in Natal.

Vom Mont-aux-Sources fällt das Gebirge nach Griesbach in grossen Stufen zur Tiefe, welche den Schichtenköpfen der Karoo-Ablagerungen und den Enden der eingeschalteten Decken entsprechen. Bei Pieter Maritzburg sind schiefrige Lagen erreicht, welche den tieferen Horizonten eigen sind. Sie gehen nach abwärts ziemlich allmälig in das Dwyka-Conglomerat über, welches den Fuss des grossen Gehänges umsäumt. Dieses Conglomerat liegt ungleichförmig auf einem älteren, aber auch flachgelagerten Quarzit, welcher dem Tafelbergsandstein des Cap's der guten Hoffnung mit vielem Grunde gleichgestellt wird. Er bildet unter dem Quathlamba einzelne ausgezeichnete Tafelberge, wie z. B. den Krantzkop am Tugela. Unter diesem Quarzit entblössen die Flüsse

an vielen Orten alte gefaltete Schiefer und den Gneiss. Dieser ist die Grundlage der ganzen Serie. Bevor aber nun ostwärts das Meer erreicht wird, tritt neuerlich das Dwyka-Conglomerat auf und demselben folgen an dem Meeresufer selbst vereinzelte Schollen von Karoosandstein. Ihre Schichtung ist seewärts geneigt. Die Klippe, auf welcher der Leuchtthurm des Hafens von Durban erbaut ist, besteht aus den seewärts geneigten Bänken einer solchen Scholle, deren Fortsetzung hoch oben in den Schichtenköpfen zu suchen ist, aus welchen der Abhang der Quathlamba aufgethürmt ist.

Hieraus geht hervor, dass die Karoo-Ablagerungen sich einst viel weiter gegen Ost ausdehnten, und dass die Schollen an der Meeresküste abgesunken sind an einem oder an mehreren grossen Brüchen, aber die heutigen Abhänge der Quathlamba sind nicht die Bruchflächen. Die grosse Ablösung des jetzt an und unter dem Meere liegenden Theiles des Festlandes erfolgte weit näher an der heutigen Uferlinie und spätere Denudation hat den Absturz gemildert und die Kante desselben allmälig landeinwärts geschoben. Diese Denudationskante ist die Quathlambakante; das Quellgebiet des Tugela arbeitet heute noch an ihrem Zurückschieben und auf der ganzen Linie sind solche Kräfte wirksam. So hoch heute der Montaux-Sources sich auch über den Leuchtthurm von Durban erheben mag, die ursprüngliche Höhe der Bruchkante über dem Meere ist sicher eine noch grössere gewesen.

Dieselben wesentlichen Züge lässt der Abhang der Quathlamba im Norden erkennen. Begleiten wir zu diesem Ende Cohen auf der Reise von Lydenburg an die Delagoabucht.

Sobald östlich von Spitzkop der Rand des Plateau's erreicht ist, ändert sich die Landschaft. An die Stelle steiler Tafelränder und Schluchten treten Kuppen und muldenförmige Thäler; dieses ist das Granitgebiet. Dasselbe fällt in einigen steilen Stufen ostwärts ab. Im Osten davon, in den Umswasibergen, in der Nähe des Ingwanyaflusses, treten zum ersten Male seit dem Verlassen des Hochgebirges wieder geschichtete Gesteine auf, und zwar Quarzsandstein, dann mürber, schwarzer Schiefer, welche beide mit den Gesteinen des grossen Plateau's grosse Aehnlichkeit zeigen. Der östlich folgende, lange Zug der Lomboboberge besteht aus Felsitporphyr.

Es ist sehr möglich, dass die Schichtgesteine der Umswasiberge den abgesunkenen Schollen an der Küste von Natal entsprechen. Machado hat noch östlich von dem Lombobozuge seewärts mitten in dem Flachlande vereinzelte Sandsteinberge angetroffen.[15]

Während auf diese Weise der südliche und der östliche Rand der Karoo-Ablagerungen scharf begrenzt sind, verengt sich die Masse derselben gegen Nord und ist der westliche Rand durch breite Denudationsbuchten getheilt. Eine Beschreibung der Unregelmässigkeiten des westlichen Umrisses liegt jedoch nicht in meiner Absicht. Schon haben wir gesehen, wie in Griqua die paläozoischen Gesteine vom Westen her bis an den Ostrand der Campbell-Range (Kaap-Plateau bei Jeppe) vordringen. Die Karoo-Ablagerungen, welche sich in wagrechten Lagerungen an diesen Rand schliessen, bestehen aus schiefrigen Gesteinen, doch kennt man auch von hier Reste von Dicynodon;[16] innerhalb ihres Gebietes liegen die wichtigsten Diamantengruben, und diese erstrecken sich von hier in den Oranje-Freistaat. Der Abbau dieser Gruben erfolgt in verticaler Richtung innerhalb grosser Schlünde, welche erfüllt sind von einer mit fremden Blöcken beladenen Tuffmasse, in welcher die Diamanten erscheinen. Nach Chaper's Darstellung sind diese diamantführenden Stöcke durch breiartige, nicht feurigflüssige Ausbrüche gebildet worden; Cohen möchte sie den Maaren der Eifel vergleichen.[17]

Die paläozoischen Ablagerungen erstrecken sich wahrscheinlich ununterbrochen vom Campbell-Range im Westen des Haart-Flusses um den westlichen Rand des Hohen Feldes in die Gegend zwischen dem Marico und dem oberen Limpopo, wo unter ihnen, nach Hübner's Beobachtungen[18] an der Kornkoppe, südlich von der Vereinigung der beiden genannten Flüsse, der Granit hervortritt. Grosse Grünsteindecken bilden die Oberfläche sowohl gegen Süden an den Pilandsbergen gegen Rustenburg, als gegen Nordwest in der Umgebung von Shoshong. Die archaischen Gebirge aber nehmen hervorragenden Antheil an dem Aufbaue der ausgedehnten Höhen zwischen dem Limpopo im Norden und dem Buschfelde und Olifantflusse im Süden. Insbesondere scheint der östliche Theil, das von Rehmann als das Ingalale-Plateau

bezeichnete Stück, welches bis gegen das grosse Knie des Limpopo vordringt, aus einem ausgedehnten Kerne von Granit zu bestehen, welcher von einer Schieferhülle umgeben ist. Dieser Schieferhülle werden nach Rehmann auch die Lechlababerge angehören, welche, obwohl sie beiläufig der Fortsetzung der grossen Quathlambalinie entsprechen, dennoch als Theile eines selbständigen Gebirgsgliedes anzusehen sind.

Erst am Nordrande des Ingalale-Plateau's, an den Zoutpan's-Bergen gegen das Thal des Limpopo, sind wieder Sandsteinschollen sichtbar, welche den Karoo-Ablagerungen zuzuzählen sein werden.

Auch jenseits des Limpopo, bis an den Zambesi, scheint die Zusammensetzung des Landes dieselbe zu sein. Granit und krystallinischer Schiefer sind allenthalben sichtbar, umschliessen den Tati-Golddistrict und tragen nur da und dort Schollen von Sandstein, welche wahrscheinlich Reste der abgewaschenen Transgression der Karoo-Ablagerungen sind. Abgesehen von der Scholle am Serorumeflusse in 23$^1/_2$° südl. Br., welche mit der Grünsteindecke von Shoshong in Verbindung stehen dürfte, traf Hübner in 20° südl. Br., südlich von Inyati, auf horizontal geschichteten Sandstein mit fossilen Hölzern, welcher wahrscheinlich zu den Karoo-Sandsteinen gehört. Am Kraal Malisa, etwa in 19° 50′ südl. Br., liegt am oberen Guay eine ähnliche horizontale Sandsteinscholle; sie ist von Grünsteindecken durchzogen.

Noch weiter im Norden erscheinen am Zambesi ausgedehnte, von Kohlenflötzen begleitete Sandsteinablagerungen, welche zuerst von Livingstone und Thornton beobachtet und seither von Kuss ausführlich beschrieben worden sind. Diese Schollen liegen unter den Wasserfällen etwa von 16° 40′ bis 15° 50′; südlich von denselben traf Kuss neben einer grossen Ausdehnung der archaischen Felsarten an vielen Stellen braunen Porphyr, welcher an den Lupatabergen, die der Zambesi durchbricht, rothem Sandstein auflagert; auch südlicher, bei Senna, liegt eine grössere Sandsteinscholle.[1]

Im Norden, beiläufig vom 12. bis zum 10.° südl. Br. gelangt, wie Thomson gezeigt hat, eine grosse, flachgelagerte Sandsteinplatte an das Meer, welche der Rovumafluss durchwaschen und

in zwei Stücke, Mawia und Makonde, getheilt hat. Im Osten, längs der Küste, beträgt die Höhe der Sandsteintafel nur wenige hundert Fuss; sie reicht mit keilförmiger Gestalt etwa bis zum 39.° östl. L. stromaufwärts am Rovuma und erlangt an ihrem inneren Rande die Seehöhe von mehr als 2500 (engl.) Fuss. Diese ausgedehnte Tafel liegt auf Granit und die entblösste Unterlage ist landeinwärts mit steilen und vereinzelten Bergen bedeckt wie das Granitgebiet von Darfur und Kordofan. In einem bestimmten Gebiete jedoch, zwischen Itule und Kwamakanja, an dem Lujende, welcher sich von Süden in den Rovuma ergiesst, ist ein Stück kohlenführenden Schiefers, welcher zur Sandsteinablagerung gehört, wie Thomson meint, dadurch mitten in dem Granitgebiete vor der Zerstörung bewahrt worden, dass es in eine Grabenverwerfung versenkt war.[20]

Hiemit nähern wir uns dem Gebiete zwischen dem 10. und 5.° südl. Br., über welches derselbe Forscher so viele und lehrreiche Beobachtungen gesammelt hat, und innerhalb dessen zwei grosse Sandsteingebiete, ein östliches und ein westliches, zu unterscheiden sind.[21]

Das östliche Sandsteingebiet liegt an der Küste, erhebt sich nirgends zu beträchtlichen Höhen und ist landeinwärts durch einen hohen Steilrand begrenzt, welcher den Beginn des archaischen Gebietes bezeichnet. Der Steilrand weicht etwa im 8.° südl. Br. am weitesten von der Küste zurück, bis nahe an den 36.° östl. L., und daher erlangt hier der Sandstein die grösste Breite; gegen Nord verengt er sich mehr und mehr und ist gegenüber der Insel Pemba nur recht schmal. Der Sandstein ist von Kohle begleitet; es erscheinen auch Kalkflötze, und Thomson erwähnt von zwei Punkten in dem nördlichen Theile dieses Gebietes Fossilien der Carbonzeit.

Das hohe archaische Plateau reicht bis an den Tanganyika und an den Nyassa und westlich noch weit über den letzteren hinaus. In Ujiji und Ukaranga aber, an dem NO.-Theile des Tanganyika, dann an einigen Punkten der Westseite und an dem südlichen Ende dieses See's beginnt das westliche Sandsteingebiet, welches sich auf eine unbekannte Strecke gegen den oberen Congo fortsetzt. Dieser Sandstein ist von grosser Mächtigkeit und hat,

obwohl er am Tanganyika von Verwerfungen durchsetzt ist, dennoch im Grossen seine flache Lagerung behauptet.

Obwohl hier die Gleichaltrigkeit des Sandsteins mit jenem der Karoo nicht erwiesen ist, sind doch die Elemente des Baues, die archaische Unterlage begleitet von älterem, gefaltetem Schiefergebirge, und die flachen transgredirenden Sandsteintafeln jenen des Südens ausserordentlich ähnlich.

Einen flüchtigen Blick wollen wir noch auf die beiden genannten See'n werfen. Den See Nyassa umgibt im Norden ein älteres vulcanisches Gebiet, welchem einige junge Eruptionskegel aufgesetzt sind. Der See Tanganyika ist in den flachgelagerten Sandstein und in seine alte Unterlage eingesenkt. Seine südliche Hälfte durchschneidet etwa von 7° 8′ bis 8° 30′ südl. Br. ein ausgedehntes altes Eruptivgebiet. Seit man diesen See näher kennt, ist er für einen Einsturz gehalten worden. Stanley meinte sogar, dass die nördliche Hälfte jüngeren Ursprunges sei und dass die Veränderungen in dem Abflusse des Lukuga hievon Zeugniss geben. Auch Thomson betrachtet denselben als eine Senkung. Der steile Abbruch der Sandsteinmassen gegen den See und die Durchquerung der Eruptivmasse in der südlichen Hälfte werden, wohl mit Recht, als Belege für diese Ansicht angeführt.[22]

In der That wüsste ich nicht, wie diese beiden grossen Vertiefungen, deren jede bei geringer Breite durch etwa 5 Breitegrade sich hinzieht, auf anderem Wege als durch Grabenversenkungen sollten erzeugt sein, und bin der Meinung, dass der Vorgang bei ihrer Entstehung ein ähnlicher war wie bei Entstehung des Rothen Meeres, des Todten Meeres und der Schotts.

Noch weit unvollständiger als die Kenntniss von dem Osten sind die Erfahrungen, welche über den Bau des westlichen Afrika vorliegen. Die von Lenz verfasste Karte zeigt allerdings, welche grosse Ausdehnung auch hier die ältesten Felsarten erlangen.[23] Die Conglomeratfelsen von Pungo Andongo (9° 24′ südl. Br.) im östlichen Angola, und die horizontalen, pflanzenführenden Sandsteinablagerungen, welchen sie aufgesetzt sind, mussten Livingstone an die Sandsteine des Ostens erinnern. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auf der ganzen Breite des Continentes ähnliche Verhältnisse herrschen. —

Im Caplande und bis ins nördliche Transvaal konnten wir eine ältere, gefaltete Gesteinsgruppe und eine flachgelagerte, transgredirende Gruppe unterscheiden, welche letztere vorherrschend aus Sandstein besteht und dem Alter nach die permische und die Triaszeit umfasst. Dies sind die Karoo-Ablagerungen. An einzelnen Stellen schien auch ein jüngstes Glied der Carbonformation an der flachen Transgression theilzunehmen. Weiter im Norden sahen wir wieder gefaltete ältere Gesteine und transgredirende, flache Sandsteinschollen, aber es fehlt noch der directe Nachweis, dass die letzteren von demselben Alter seien wie die Sandsteine der Karoo. Immerhin sind es zwei einander sehr ähnliche und in gleichem tektonischen Verhältnisse zu einander stehende Elemente, welche nach dem heutigen Stande der Erfahrungen vom Cap bis unter den 6. oder 5.° südl. Br. das Innere des Continentes zusammensetzen.

Es gibt noch ein drittes tektonisches Element im südlichen Afrika, welches jedoch, wie wir früher sagten, nur untergeordneten Einfluss auf die Beschaffenheit des grossen Welttheiles ausübt und bisher nur in der Nähe der Meeresküste bekannt ist; dies sind marine Anlagerungen aus dem jüngeren Theile der mesozoischen Serie. So unbedeutend ihre Verbreitung auch sein mag, knüpft sich doch für die Kenntniss der Geschichte Afrika's nicht geringes Interesse an diese vereinzelten Schollen. Sie liegen sehr weit von einander entfernt, sind von verschiedenem Alter, enthalten jedoch überall Seethiere. Sie sind ohne Ausnahme jünger als die Sandsteinmassen der Karoo und überhaupt als die Sandstein-Transgressionen des Inneren, in welchen man bisher noch nie eine Spur von Seethieren angetroffen hat. In einzelnen Fällen zeigt es sich sogar mit Bestimmtheit, dass ein Theil der Dislocationen, welche die heutige Gestalt des südlichen Afrika bestimmen, tief in die mesozoische Zeit zurückreicht.

Die erste Gruppe solcher Schollen findet sich an der Westküste in zwei weit getrennten Gebieten; sie ist von cretacischem Alter und wurde von Giebel, Lenz und Szajnocha bekannt gemacht.[24] Das erste Gebiet liegt nördlich vom Aequator; auf den Elobi-Inseln in der Coriscobucht, welche sich nur 8—10 M. über das Meer erheben, werden in horizontalen Sandsteinbänken zahl-

reiche Ammoniten getroffen; der Sandstein setzt auf das Festland fort. Schloenbachia inflata tritt hier auf, und zwar nach Szajnocha in jener Varietät, welche in der Ootatoorgruppe der ostindischen Kreideformation herrscht. — Das zweite Gebiet liegt um mehr als 15 Breitegrade südlicher, an der Fish-Bay, südlich von Mossamedes. An dieser Stelle wurden bereits vor vielen Jahren von Lieutenant Wolf nördlich von der Säule des Bartol. Diaz versteinerungsreiche Schichten bemerkt.[25] Schl. inflata wird von deutschen Geologen zum Gault, in Frankreich dagegen zum Unter-Cenoman gerechnet.

Die nächste Gruppe solcher Schollen gehört dem südlichen und südöstlichen Theile der Cap-Colonie an. Sie zerfällt in zwei Schichtreihen, nämlich eine mesozoische und eine jungtertiäre oder quaternäre Reihe.

Die mesozoischen Ablagerungen tragen den Namen ‚Uitenhage-Series', sind horizontal gelagert, bestehen aus mehr oder minder glauconitischen Schichten von Sandstein und Schiefer und führen in einzelnen Lagen Cycadeen und Farren, welche von den Landpflanzen der Karoo-Sandsteine verschieden sind; in anderen Lagen enthalten sie Meeresconchylien, welche durch lange Zeit für jurassische gehalten wurden;[26] nach den neueren Untersuchungen von Holub und Neumayr mehren sich jedoch die Anzeichen dafür, dass sie in das Neocom zu stellen seien.[27] Diese merkwürdigen Ablagerungen, in welchen der Wechsel von Schichten mit Landpflanzen und solchen mit Meeresconchylien deutlich genug die Nähe des Strandes verräth, finden sich hauptsächlich in den Thälern der Flüsse, welche in die Algoabucht und die benachbarte S. Francis-Bucht münden; sie liegen unmittelbar auf den paläozoischen Ablagerungen der den Karoo-Sandstein umwallenden Gebirgszüge, dringen im Thale des Sonntagsflusses bis an den Fuss der Karoo-Sandsteine vor, und erscheinen auch weiter im Westen in einigen kleineren Schollen auf dem paläozoischen Gebirge. Hieraus geht hervor, dass die Entblössung des paläozoischen Gebirges im Süden Afrika's bereits vor der Zeit der unteren Kreide vollzogen war.[28]

Die jungtertiären oder quaternären Ablagerungen finden sich gleichfalls hauptsächlich in der Umgebung der Algoabucht; sie

liegen theils auf den Uitenhage- und theils auf den paläozoischen Schichten. Einzelne Schollen dieser Art sollen auch bei Bredasdorp, nördlich von Cap Agulhas, auf dem alten Gebirge lagern. —

Die dritte Gruppe dieser Schollen erscheint an der Küste von Natal und des Zululandes. Wir haben gesehen, dass im Westen von Natal der hohe Rand der flachgelagerten Karoo den Abhang der Quathlamba bildet, während gegen Osten, am Meeresrande, abgesunkene Schollen derselben Karoo-Sandsteine mit seewärts geneigten Schichten auftreten. An dieser Meeresküste treten nun vom südlichen Ende Natal's bis zur S. Lucia-Bucht vereinzelte Vorkommnisse von marinen Ablagerungen der mittleren und oberen Kreide auf, welche Garden, Baily und Griesbach beschrieben haben.[29] Sie ruhen horizontal gelagert und daher discordant auf den geneigten Schichten der abgesunkenen Karoo-Sandsteine, und zeigen, dass die grosse Dislocation, als deren zurückgenagten Rand wir die Quathlamba-Linie betrachten, älter ist als die Cenomanstufe. Die Kreideformation trägt hier in ausgesprochener Weise jene Merkmale, welche wir an der Ostseite Ostindien's wieder antreffen werden.

Das vierte bisher bekannt gewordene Vorkommen mariner mesozoischer Schichten liegt weit mehr gegen Nord, bei Mombas an der Suaheliküste. Die erste Spur, ein von Krapf an Osc. Fraas gesendeter Ammonit von Kisaludini bei Mombas, liess das Erscheinen des obersten Kelloway-Horizontes vermuthen, während eine reichere, von Hildebrandt's Negern gesammelte und von Beyrich untersuchte Reihe von Ammoniten eine höhere Zone des Jura, nämlich die Kimmeridgestufe, und zwar in jener Entwicklung darstellt, als welche sie in Ostindien unter dem Namen ‚Katrol-Sandstein' bekannt ist.[30]

So hat man also an der afrikanischen Westküste die Zone der Schloenbachia inflata, im Süden die Uitenhage-Serie, welche wir dem Neocom gleichstellen, in Natal und Zululand Cenoman und Oberkreide, an der Suaheliküste den obersten Jura angetroffen. Nie sind bis heute, auch in den bekanntesten Landstrichen des Südens, solche marine Schichten in dem Inneren des Landes gefunden worden. Das archaische und das paläozoische Gebirge sammt den weiten aufgelagerten Schollen von Karoo-Ablagerungen

bilden die hohen Tafeln des Innern, welche von diesen mesozoischen Meeresablagerungen wenigstens nach dem heutigen Stande der Erfahrungen nicht erreicht werden. Die Bedeutung dieser letzteren für die Geschichte des indischen Ocean's kann aber erst aus einem Vergleiche mit Ostindien hervortreten, welchen ich nun versuchen will.

Die indische Halbinsel. Das ostindische Reich wird durch die breiten Alluvialgebiete des Indus und des Ganges in zwei Theile getheilt, deren nördlicher die Gebirgsketten umfasst, während wir stets nur den südlichen im Auge haben werden, wenn von der indischen Halbinsel gesprochen werden wird. Diese in der Gestalt der Oberfläche sehr ausgeprägte Abgrenzung fällt im Westen, gegen den Indus und nördlich von Delhi, mit einer tiefgehenden Verschiedenheit in der Zusammensetzung und dem Baue beider Landestheile zusammen; dort besteht ein ganz ähnlicher Gegensatz wie zwischen den Alpen und ihrem Vorlande. Die Halbinsel ist das Vorland. Gegen Nordost jedoch besteht dieser Gegensatz sonderbarer Weise nicht in gleichem Maasse; wir werden sehen, dass dieselben Elemente, aus welchen die Halbinsel zusammengesetzt ist, sich in Assam, südlich vom Brahmaputra, weit gegen ONO. fortsetzen, und dass sogar der überschobene Aussenrand des Hochgebirges streckenweise, wohl nicht seinem Baue, aber dennoch seiner Gesteinsfolge nach mit der Halbinsel übereinstimmt.

Die geologische Aufnahme Ostindien's, an welcher eine Anzahl der bedeutendsten Fachmänner betheiligt ist, hat bereits solche Fortschritte gemacht, dass die wesentlichen Merkmale der Structur deutlich vorliegen, und das Verständniss dieser umfangreichen Arbeiten wurde in hohem Grade erleichtert durch die von Medlicott und W. Blanford im Jahre 1879 herausgegebene vergleichende Uebersicht ihrer Ergebnisse,[31] an welche sich Waagen's Schrift über die Verbreitung der organischen Ueberreste in erwünschter Weise anschliesst.[32] Diese Schriften und die seit 1879 bekannt gewordenen weiteren Fortschritte der Landesaufnahme lassen das Folgende entnehmen.

Obwohl die Halbinsel Berge von beträchtlicher Höhe umfasst, gibt es mit Ausnahme des uralten Arvaligebirges im NW.

dennoch keinen einzigen Höhenzug auf der Halbinsel, welcher in seiner Richtung durch das Streichen der Felsarten bestimmt wäre. Alles ist gebrochenes oder von der Denudation durchnagtes Tafelland. Die Sahyádri oder westlichen Gháts, die Sátpuraberge an der Südseite des Narbada, wie die Vindhya an seiner Nordseite, sind nur die Ränder grosser Tafeln. Die höchsten Theile der Nilgiri's, welche sich über 8000 (engl.) Fuss erheben, sind flache Stücke dieses Tafelgebirges; der höchste Berg der südlichen Sátpura, Pachmarhi, 4380 Fuss hoch, besteht aus horizontal gelagertem Sandstein, und der höchste Gipfel der nördlichen Sahyádri, Mahábleshwar, 4540 F., ist ein Stück einer flachen basaltischen Decke.

An der Zusammensetzung der Halbinsel nehmen mehrere, von einander wesentlich verschiedene Elemente theil. Als erstes derselben ist das archaische Gebirge zu nennen, hauptsächlich aus Gneiss bestehend, an welches sich eine lange Reihe sehr alter Schiefergesteine anreiht, mit Inbegriff jener Serie alter Quarzit- und Schiefermassen, welche von den indischen Geologen als ‚Transition' oder ‚Sub-Metamorphic Rocks' bezeichnet werden, und welche auch in tektonischer Beziehung enge an das archaische Gebirge sich schliessen. Das zweite Element bildet die Vindhyagruppe, eine Reihe von zweifellos klastischen Schichten von Sandstein, Schiefer und Kalkstein, welche dem Alter nach wahrscheinlich einem beträchtlichen Theile der paläozoischen Zeit entsprechen, aber sonderbarer Weise bis heute noch keine Spur organischer Ueberreste geliefert haben, obwohl in den Hochgebirgen des Nordens paläozoische Fossilien nicht fehlen. Den Vindhyan's folgt die Gondwánagruppe; es sind dies pflanzen- und reptilienführende Sandsteine, zuweilen kohlenführend, welche in ihrem unteren Theile die Aequivalente der afrikanischen Karoo bilden, in ihren höheren Theilen aber über das Alter der Karoo hinaus bis in jenes der pflanzenführenden Ablagerungen von Uitenhage reichen und wie diese gegen die Meeresküste hin einzelne marine Einschaltungen aufnehmen. Die sublitoralen Anlagerungen Südafrika's wiederholen sich unter geringen, doch eigenthümlichen Abänderungen in Ostindien. Endlich tritt hier noch als ein besonderes, über einen beträchtlichen Theil der Oberfläche ausgebreitetes Element eine sehr grosse Anhäufung

von Effusivmassen hinzu, welche man in der Regel unter dem Gesammtnamen ‚Dekkan Trap' zusammenfasst.

Das archaische Gebirge nimmt, durch Abwaschung entblösst, einen bedeutenden Theil der Oberfläche der Halbinsel ein. Es ist vorherrschend Gneiss, welcher die Insel Ceylon, das Cap Comorin, die westlichen Ghát's bis zum 16. Breitegrade, und, nur auf verhältnissmässig kurze Strecken dem Auge entzogen, die ganze Ostküste der Halbinsel nordwärts bis zu dem Buge des Ganges zusammensetzt. Diese Gneissmasse erstreckt sich also von Point de Galle durch etwa 19 Breitegrade gegen Nord. Ihr gehört der ganze Süden und ganz Mysore an, dann versinkt sie gegen West unter dem Dekkan Trap und unter den geschichteten Felsarten; sie ist es, welche jenseits des Ganges ihre Fortsetzung in Assam findet.

Dieser grossen Hauptmasse archaischer Felsarten sind zwei kleinere vorgelagert. Die erste findet sich in Bundelkund und ist von unregelmässig halbkreisförmigem Umrisse; ihr nordwestliches Ende liegt in der Nähe von Gwalior. Die zweite ist in lang gestreckte Falten und Rücken aufgelöst und bildet an dem nordwestlichen Rande der Halbinsel das Arvaligebirge.

Das Arvaligebirge gehört zu den allerältesten Faltengebirgen, welche dem menschlichen Auge sichtbar sind. Hacket hat den mittleren und östlichen Theil desselben zwischen dem 24. und 29. Breitegrade auf eine Länge von mehr als 500 Kilom. genauer bekannt gemacht.[33] Es streicht in der Richtung N. 36° O. an dem Ostrande der Wüste Rájputána hin, löst sich nordwärts in vereinzelte Rücken auf, welche bald nur als ganz flache Hügel aus der Wüste aufragen, und erreicht mit seinen Ausläufern die Stadt Delhi. Nur Gneiss und die älteren Schiefer- und Quarzitgesteine bilden diese gefalteten Ketten, deren ausserordentlich hohes Alter sich aus dem Umstande ergibt, dass ihnen einzelne Schollen der Vindhyagruppe flach und discordant aufgelagert sind. Gegen Südost schneidet das Arvaligebirge mit einer ausserordentlich langen, im Streichen liegenden Verwerfung gegen eine weite Tafel flachgelagerter Vindhyan's ab. Diese lange Verwerfung verläuft etwas nördlich längs dem Chambalflusse und möchte in ihrer Fortsetzung den Jumna oberhalb Agra treffen.

Die volle Unabhängigkeit dieser uralten Faltungsrichtung von dem heutigen Verlaufe der indischen Hochgebirge mag hier betont sein. —

So wie in der Nähe des Arvaligebirges lagern die Vindhyagesteine, wo immer sie im Norden der Halbinsel getroffen werden, ziemlich flach.

Hoch im Norden, zu beiden Seiten des Chenábflusses, liegen die vereinzelten Koránaberge, deren Gestein der älteren Quarzit- und Schieferserie der Arvali gleicht, mit steilen NO.—SW. streichenden Kämmen. Der höchste Theil erhebt sich 957 F. über die Ebene. Diese kleine Gruppe ist für unsere ferneren Betrachtungen darum von hoher Bedeutung, weil sie sich bis auf etwa 65 Kilom. dem Aussenrande des gefalteten Hochgebirges nähert. —

Nördlich von Madras ziehen sich die östlichen Ghât's an der Meeresküste gegen den Unterlauf des Kistna; sie bestehen aus archaischen Felsarten und heissen hier die Ghát's von Nellore oder das Vellakondagebirge. Dieser grosse Rücken nun ist, wie King und Foote gezeigt haben, westwärts durch eine Verwerfung begrenzt, an welcher eine ausgedehnte Scholle von Vindhyagesteinen zur Tiefe gesunken ist. Diese Scholle hat einen mondförmigen Umriss; das nördliche Ende liegt fast in 17°, noch nördlich vom Kistna, und das südliche Ende etwa in 13° 20′ nordwestlich von Madras. Der westliche Umriss ist stärker gewölbt als der östliche, welcher der Vellakonda-Verwerfung entspricht. Es ist dies, wie heftige Faltungen und Ueberschiebungen zeigen, ein Stück eines grossen und alten Faltengebirges, welches jedoch, da die Vindhyan's an der Faltung theilnehmen, jünger ist als die Arvalikette. Die Faltung erfolgte von Ost gegen West.[34]

Dieses gefaltete Stück, welchem die wilden Quarzitlandschaften der Nagari- und Tripettiberge in der Nähe von Madras angehören, ist trotz seines sehr hohen Alters das jüngste Zeichen ausgedehnter tangentialer Bewegung auf der gesammten Halbinsel, welcher, so wie dem südafrikanischen Festlande, jede ausgedehnte Faltenbildung zum mindesten seit der Carbonzeit fremd ist. Um so ausgedehnter und bedeutender sind die Verwerfungen und Senkungen. Es betreffen diese Störungen auch einen Theil der aufgelagerten Decken der pflanzenführenden

Gondwánaschichten, deren einzelne Glieder nun zuvor zu betrachten sind.

Die Serie der Gondwána-Ablagerungen beginnt mit der Tálchirstufe, äusserst feinkörnigem, siltähnlichem Schiefer und weichem Sandstein in Verbindung mit Lagen von Blöcken; diese wechseln in der Grösse von kleinen Steinchen bis zum Gewichte von 30 Tonnen. Die grossen Blöcke liegen zuweilen im feinsten Silt; Blanford, Oldham und Fedden haben sich für den Transport derselben durch Eis ausgesprochen.[35] Ihre Uebereinstimmung mit dem Dwyka-Conglomerate, welches das tiefste Glied der afrikanischen Karoo-Gruppe bildet, ist sehr auffallend. Der auf die Untersuchung der Pflanzenreste beruhenden Eintheilung Feistmantel's folgend, rechnen wir zu diesem tiefsten Gliede auch die kohlenführende Kaharbáristufe. Gangamopteris ist in diesen tieferen Ablagerungen häufig; Glossopteris ist reichlich vertreten.[36]

Das nächstfolgende Glied bildet die pflanzen- und kohlenreiche Damúdastufe, in deren obersten Unterabtheilung, dem Mánglischiefer, ein typischer Labyrinthodonte, Brachyops laticeps, gefunden wurde.

Die dritte ist die Panchétstufe, welche neben Labyrinthodon auch Reste von Dicynodon geliefert hat. Mit dieser schliesst Unter-Gondwána ab.

Diese drei Hauptstufen entsprechen, wie mehrere übereinstimmende Arten von Pflanzen und die Gattung Dicynodon andeuten, dem Dwyka-Conglomerate und wahrscheinlich der Gesammtheit der unteren Karoo-, der Beaufort- und der Stormbergstufe in Südafrika. Nie hat man in denselben eine Spur von Seethieren gefunden. Mit vielem Grunde kann man sie dem Alter nach als dem gesammten Zeitraume vom Rothliegenden bis etwa zum Schlusse der Triaszeit entsprechend ansehen.

Wir setzen also im Allgemeinen Unter-Gondwána der Karoo gleich; in Ober-Gondwána treten uns mehrere auf jüngeres Alter deutende Merkmale entgegen, wenn auch z. B. die Gattung Glossopteris aus Unter-Gondwána hier vorhanden ist.

In der tiefsten Stufe der Ober-Gondwána trifft man Gattungen wie Sphenopteris, Thinnfeldia, Taeniopteris neben zahlreichen Cycadeen, dann Palissya, Cuninghamites u. A. In den etwas

höheren Ablagerungen der Kota- und Maleristufe liegen Reste echter Crocodilier, wie Parasuchus, und Fische, wie Dapedius, Lepidotus, Tetragonolepis, welche wir in Europa vorherrschend im Lias zu sehen gewohnt sind. Endlich folgt eine längere Reihe noch höherer pflanzenführender Schichten, deren höchste, die Urmiaschichten, in der sublitoralen Region mit marinen Ablagerungen wechseln, und diese marinen Schichten sind, wie sich bald zeigen wird, der Uitenhage-Serie des Caplandes gleichzustellen.

Im südlichen Afrika sahen wir die mächtigen Ablagerungen der Karoo flach auf einem älteren Sockel ruhend; sie bilden die Tafelberge im Innern des Landes und den grossen Abhang der Quathlamba. Keine jüngeren Schichten sind ihnen aufgelagert. In tieferem Niveau, gleichsam an ihrem Fusse, liegen viel jüngere pflanzenreiche Schichten mit den eingeschalteten Meeresablagerungen von Uitenhage. Die Discordanz ist eine vollständige.

Ebenso herrscht Discordanz zwischen Unter- und Ober-Gondwána in Ostindien. Der Unterschied zwischen beiden Regionen ist jedoch, ausser der Altersverschiedenheit von Uitenhage (Neocom?) und Ober-Gondwána (Lias?) der folgende. Die grossen Schollen von Unter-Gondwána bilden nicht zusammenhängendes hohes Tafelland wie in Afrika; mächtige Denudation ist über Indien hingegangen, und die wichtigsten sichtbaren Stücke von Unter-Gondwána verdanken ihre Erhaltung hauptsächlich ihrer Versenkung in die Gneissmasse, auf Grabenbrüchen, welche vor Ober-Gondwána eingetreten sind. Die grosse Denudation ist nach diesen Bewegungen und vor oder während eines Theiles von Ober-Gondwána eingetreten, so dass Transgression der letzteren auf sehr vielen Punkten sichtbar ist. Auch beschränken sich die Ober-Gondwána-Lagen nicht auf die sublitorale Region, sondern sie erstrecken sich bis in die Mitte des Landes.

Die kohlenführenden Unter-Gondwána-Ablagerungen erinnern daher in ihrer Vertheilung zunächst an die Schollen und Streifen der Carbon- und Triasformation, welche in die archaische Masse des französischen Centralplateau's eingesenkt sind, und von welchen die grosse Grabenversenkung zwischen Créusot und Montchanin, Saône et Loire, ein so lehrreiches Beispiel gibt. Lange haben sich in Europa die erfahrensten Bergleute gesträubt, an den

einstigen Zusammenhang so weit getrennter Schollen und an so gewaltige Versenkungen zu glauben, welche doch häufig in der Gestalt der Oberfläche gar nicht angedeutet sind. Lange, versenkte Streifen galten für Bildungen in selbständigen Thälern und Buchten, und es hat vieler thatsächlicher Nachweise durch Bohrungen und Abbau bedurft. Umsomehr verdient betont zu werden, dass Blanford's Scharfblick schon vor Jahren in Indien das Richtige erkannt hat.

Die wichtigsten Vorkommnisse der Unter-Gondwána-Gruppe ohne Assam und Sikkim sind die folgenden:

Zuerst eine lange Reihe von keilförmigen oder unregelmässigen versenkten Schollen und Streifen, welche im Osten bei Rániganj, NW. von Calcutta, am Rande des Gneiss gegen die Alluvien des Ganges beginnt, und, anfangs beiläufig dem Laufe des Damúdaflusses folgend, südlich von Hazáribágh quer durch Chutia Nágpur sich hinzieht. Diese Reihe von Schollen findet ihre weitere westliche Fortsetzung in dem ausgedehnten South Rewah-Kohlengebiete, welches weiterhin in der Richtung gegen WSW., gegen Jubbulpur, knapp an dem Nordrande des grossen östlichen Armes der Dekkan-Trap-Masse, sich verfolgen lässt. Von Jubbulpur erreicht man, in derselben Richtung gegen WSW., nach sehr kurzer Ueberdeckung durch Dekkan Trap, das in der gleichen Richtung südlich vom Narbada streichende grosse Satpúra-Kohlenfeld, welches unter dem Trap verschwindet. So zieht sich ein langer, mehr oder minder deutlich zusammenhängender Bogen vom mittleren Narbada bis an die Alluvien des unteren Ganges, quer durch den grössten Theil der Halbinsel.

Eine zweite Reihe grosser Schollen streicht von Chutia-Nágpur gegen SO., umfasst dort das Kohlenfeld von Tálchir und erreicht in der Nähe von Kuttack und der Mündungen des Mahánadi den Ostrand der Gneissmasse.

Eine dritte Reihe, welcher vielleicht die mitten im Trapgebiete sichtbaren Schollen von Ellichpur zufallen, kommt unter dem Ostrande der Trapmasse hervor, streicht der vorhergehenden ziemlich parallel, ebenfalls gegen SO., folgt auf eine grössere Strecke dem Laufe des Godávari und erreicht bei Rájámahendri am unteren Godávari den Gneissrand.

Beginnen wir die Betrachtungen einzelner Beispiele bei Ránigauj an dem östlichen Ende der ersten Reihe. Hier war es, wo Blanford vor Jahren die Bedeutung der Verwerfungen erkannte. Es wurde gezeigt, dass dieses Kohlenfeld, abgesehen von anderen Verwürfen, gegen Süd abgeschnitten ist durch eine mächtige Senkung, welche gewiss nicht weniger als 9000, wahrscheinlich aber mehr als 12.000 Fuss beträgt. Die älteren Schichten lagern am Nordrande auf Gneiss; sie sind gegen Süd geneigt; jüngere Schichten folgen gegen Süd und die ganze mächtige Schichtgruppe bricht an dem Süd-Verwurfe ab.[37]

Das kleine, aber wichtige Kohlenfeld von Kaharbári in der Nähe von Hazáribágh ist nach Hughes gegen Nord wie gegen Süd durch ostwestliche Verwürfe abgegrenzt, also ein wahrer Graben, wenn auch der Betrag der Verwürfe hier nur ein geringer ist.[38] Im Allgemeinen scheint längs des Damúda-Flusses der südliche Rand der grösseren Schollen wie bei Ániganj gesenkt zu sein.

Das South-Rewah-Gebiet, welches sich durch mehr als 300 Kilom. S. vom Soneflusse hinzieht, ist noch wenig bekannt. Der östliche Ausläufer desselben, welcher zwischen den Flüssen Rer und Kunhur die Verbindung mit der Schollenreihe der Damúdalinie andeutet, ist nach Griesbach ein wahrer Graben, eingesunken zwischen fast parallelen Brüchen in N. und S.[39] In dem westlichen Theile des grossen Gebietes, in der Nähe des Sone, ist der Nordrand geradlinig, gegen OSO. gerichtet und höchst wahrscheinlich ein Bruch; in diesem Theile greifen Ober-Gondwána-Schichten auf das ältere Gebirge über.[40]

Das Sátpuragebiet ist, abgesehen von den kleineren Gondwánaschollen, welche am Rande der grossen Trapmasse sichtbar sind, etwa 180 Kilom. lang und liegt südlich vom Narbada, diesem Flusse ziemlich parallel. In demselben sind die Schichten der Unter-Gondwána-Gruppe, wie im westlichen South Rewah, gegen N. geneigt, und der Nordrand dürfte ein Bruch sein, doch liegen Ober-Gondwána-Schichten transgredirend über den bisher untersuchten Theilen der muthmasslichen Bruchlinie, woraus sich ergibt, dass die grosse Einsenkung auch hier vor der Ablagerung wenigstens eines Theiles von Ober-Gondwána erfolgte.[41]

Es ist meine Absicht nicht, diese Beispiele zu vermehren, welche nur bestimmt sind zu zeigen, wie grossen linearen Brüchen die Masse der indischen Halbinsel nach der Zeit des Unter-Gondwána und vor einem Theile von Ober-Gondwána ausgesetzt gewesen ist.[42]

Wir verlassen nun die Kohlengebiete des Innern und wenden uns der für die Kenntniss der physischen Geschichte Ostindien's wichtigen sublitoralen Zone des Ostens zu.

Zu den merkwürdigsten Ergebnissen der Forschungen auf der indischen Halbinsel gehört der Nachweis, dass der Ostrand der grossen Gneissmasse schon seit der Mitte der mesozoischen Zeit eine natürliche Anlagerungslinie bildet. Die tieferen Horizonte der pflanzenführenden Schichten, deren versenkte Denudationsreste wir soeben im Innern des Landes an einzelnen Beispielen kennen gelernt haben, fehlen dem Aussenrande mit Ausnahme einiger kleiner Schollen an dem nördlichsten Ende nach den bis heute vorliegenden Beobachtungen ganz; die Anlagerung beginnt mit der Rájmahálgruppe, welche der Basis von Ober-Gondwána entspricht. Die höheren pflanzenführenden Schichten sind streckenweise von marinen Schichten begleitet, was innerhalb des Landes nie der Fall ist; endlich sind sie da und dort von noch jüngeren Meeresablagerungen bedeckt, welche jedoch auch nicht in das Innere des Landes reichen.

Auf der schmalen Ebene, welche dem Fusse der westlichen Ghát's vorliegt, sieht man gar keine mesozoischen Ablagerungen; es tritt nur bei Quilon und südlich von dieser Stadt eine buntgefärbte Sandsteinablagerung von nachtertiärem Alter auf; im Osten nennt man dieselbe Cuddalore-Sandstein. Noch bei Nagarcoil, etwa 20 Kilom. N. von Cap Comorin, liegt eine Scholle von Cuddalore-Sandstein,[43] und nun treten wir an die Ostküste über, bemerkend, dass auf Ceylon mesozoische Ablagerungen noch nicht bekannt sind.

Nahe N. von Trichinopoly erscheinen etwa in 11° nördl. Br. an dem Ostrande der Gneissmasse die ersten Anlagerungen der pflanzenführenden Rájmahálschichten. Auf ihnen oder unmittelbar auf dem Gneissrande bis gegen Pondichery, vielleicht sogar bis Sripermatur bei Madras, liegen cretacische Meeresschichten.

Sie haben die Veranlassung zu Stoliczka's umfassenden Untersuchungen geboten.[44] Aus diesen ist zu entnehmen, dass hier die Cenoman-, Turon- und Senonstufe der europäischen Kreide in drei getrennten Stufen vertreten sind, und dass manche wesentliche Verschiedenheit gegenüber der Kreidefauna Europa's und Nordafrika's, zugleich aber ganz besondere Uebereinstimmung mit jener von Natal besteht.[45] Auf der Kreide liegen Schollen des Cuddalore-Sandstein's.

Die Rájmahálschollen ziehen sich an dem Gneissrande nordwärts und erreichen in der Nähe von Madras unter den jüngsten Anschwemmungen eine grössere Ausdehnung. Bei Sripermatur erscheinen schlecht erhaltene Ammoniten und andere Fossilien, welche Stoliczka für oberjurassisch hielt, Waagen aber als Neocom deutet.[46]

Noch weiter ziehen sich über Nellore und Guntur die Spuren der Rájmahálschichten,[47] bis zwischen den Flüssen Kistna und Godávari wieder eine vollständigere Schichtenreihe über denselben sichtbar ist, welche W. King in lehrreicher Weise beschrieben hat und welcher wir einige Aufmerksamkeit zuzuwenden haben.[48]

Der mächtige Godávari durchströmt in tiefer Schlucht den Gneiss und tritt bei Rájahmundry in 17° nördl. Br. aus demselben hervor; hier beginnt sein grosses Delta. Westlich vom Godávari erreicht das lange, gegen SO. streichende und durch seine geradlinige und parallele Begrenzung ausgezeichnete Kohlengebiet des Godávari den Ostrand der Gneissmasse; es besteht aus den tieferen Abtheilungen der Gondwánagruppe, und quer über sein Ende legen sich in voller Discordanz, dem Verlaufe der Küstenlinie und des Gneissrandes folgend, die Rájmahálschichten des Ober-Gondwána. Hier kann kein Zweifel bestehen, dass die Bildung des Gneissrandes jünger ist als jene Gondwánaschichten, welche eingesunken in dem Kohlengebiete liegen, und älter als die Rájmahálschichten, welche die sublitorale Zone begleiten.

In den tiefsten Schichten, welche auf dem Gneissrande und quer über dem Kohlengebiete liegen, wurde nur die Rájmahálflora gefunden. Ueber denselben folgen Schiefer mit einer etwas veränderten Flora und schlecht erhaltenen Meeresfossilien, wie bei

Sripermatur, endlich Sandstein, in welchem ausser anderen weniger deutlichen Meeresconchylien Trigonia ventricosa und Trig. Smeei erscheinen. Die erstere ist ein bezeichnendes Fossil von Uitenhage. Hiemit haben wir eine neue und wichtige Beziehung zu Südafrika erlangt. Die cretacischen Ablagerungen von Trichinopoly sind an dieser Stelle nicht bekannt; dafür folgt in der Nähe von Rájahmundry ein Stück basaltischer Decken in enger Verbindung mit petrefactenreichen Meeresschichten von untertertiärem oder obercretacischem Alter, dessen Bildung daher wahrscheinlich innerhalb jenes längeren Zeitraumes liegt, in welchem die weit entfernte Masse der Dekkan-Ergüsse aufgehäuft worden ist.

Auf dem Basalt liegt der Cuddalore-Sandstein. —

Die nächste grosse Scholle liegt an dem Gneissrande bei Kuttack, wo der Mahánadi aus dem Urgebirge hervortritt, etwa in 20° 30′; von hier sind nur die pflanzenführenden Rájmahálschichten bekannt.[49]

Nun trennt sich das heutige Meeresufer vom Gneissrande und dieser setzt landeinwärts fort gegen den grossen Bug des Ganges. Vom Flusse Mor in 24° nördl. Br. bis an den Ganges in 25° 20′ ist dieser Rand von pflanzenführenden Schichten begleitet, welche mit Zwischenlagen von älteren basaltischen Ergüssen die oftgenannten Rájmahálberge bilden. Der Gneiss erreicht bei Colgong den Ganges. Sein Ostrand ist nach Ball's Beobachtungen von Brüchen begleitet. An demselben erscheinen zuerst kleinere Schollen des Tálchirhorizontes, dann, über einen Theil des letzteren transgredirend, die ebenfalls zu Unter-Gondwána gehörigen Damúdaschichten, hierauf in beträchtlicher Ausdehnung die Rájmahálschichten, welchen die basaltischen Decken und Gänge dieses Gebietes angehören. Es unterscheidet sich also dieser nördliche Zug von dem südlichen Theile des Gneissrandes durch das Erscheinen kleiner Reste von Unter-Gondwána, durch die älteren Basaltergüsse und durch das Fehlen mariner Schichten. Ball bestätigt das von Blanford bei Untersuchung des Ràniganj-Kohlengebietes erhaltene Ergebniss, dass die basaltischen Ausbrüche in Bengalen nicht nur jünger als Unter-Gondwána, sondern auch jünger als die grossen Verwerfungen dieses Landstriches sind, dass die pflanzenführenden Rájmahálschichten kaum seit ihrer ur-

sprünglichen Ablagerung gestört wurden, und dass Brüche in denselben sehr selten sind, endlich dass die Lava-Ergüsse südlich von dem Knie des Ganges wahrscheinlich mit dem Abschlusse einer grossen Periode von Störungen zusammenfallen.[50]

Nachdem wir nun von Trichinopoly im 11. Breitegrade bis an den Ganges in 25° 20′ die Anlagerung an den Gneissrand verfolgt haben, werfen wir einen Blick auf die ausserhalb der Halbinsel im engeren Sinne, jenseits der Gangesniederung gelegenen Berge von Assam.

So wie im Knie des Ganges die Rájmahálberge liegen, erhebt sich östlich von der Alluvialebene im Knie des Brahmaputra ein Höhenzug, und es gibt Umstände, welche trotz der grossen Unterbrechung diesen Höhenzug als eine Fortsetzung der Berge am Ganges erscheinen lassen. Auf den Karten wird derselbe nach den Stämmen, von welchen er bewohnt ist, als die Gáro-, Khásia-, Jaintia- und Mikirberge bezeichnet; seine Länge beträgt über 400 Kilom. und die meisten Höhen liegen zwischen 4000 und 6000 Fuss. Sein Nordrand begleitet das südliche Ufer des Brahmaputra, während der scharf abgegrenzte Südrand ein bogenförmiges Streichen hat, welches im Westen, in der Nähe des Brahmaputra, gegen SO., weiterhin von W. gegen O., dann gegen NO. gerichtet ist. Wir nennen denselben den Gebirgszug von Assam, oder, nach Medlicott, das Shillong-Plateau.

Dieses Gebirgsstück hat eine sehr eigenthümliche Lage. Nördlich von demselben erhebt sich der überfaltete Aussenrand des Himalaya; im Süden tritt an dasselbe der gefaltete Aussenrand der Barail- und Pátkaiketten heran, welche Theile des grossen burmanischen Kettengebirges sind, das sich von hier gegen Arrakan, Cap Negraïs und noch viel weiter gegen Süd fortsetzt. Zwischen diesen beiden grossen, im Thal des Brahmaputra gegen einander strebenden Faltungsgebieten ragt es hervor, und sein nordöstlicher Rand verschwindet in der Nähe von Golaghat (etwa in 91° östl. L. Greenw.) unter den Alluvien des grossen Stromes.

Medlicott und Godwin-Austen haben die wesentlichsten Beiträge zur Kenntniss seines Baues geliefert.[51]

Der nördliche, dem Brahmaputra zugekehrte Abhang ist sanft und besteht durchwegs aus Gneiss und Granit. Er tritt an vielen

Stellen bis an den Strom vor und einzelne Kuppen, welche nördlich von dem Strome aus dem Schwemmlande hervorragen, lassen erkennen, dass dasselbe archaische Gebirge sich bis ganz nahe an den Aussenrand des Himalaya fortsetzt.[52] Dieser Gneiss gleicht ganz und gar jenem, welcher einen so grossen Theil der Halbinsel bildet. Er erhebt sich gegen Süd und hier sind demselben Gesteine aufgelagert, welche die Fortsetzung der Vindhyagesteine von Behar (S. von Patna) sein dürften. Nun folgt südwärts in der Gegend von Shillong ein steiler Bruch, an welchen sich eine sehr mächtige Masse basaltischer Ströme anschliesst, vielleicht die Fortsetzung der älteren Basalte von Rájmahál.

Ueber alle diese Gesteine, über den Gneiss, die Vindhya's und die älteren Basalte breitet sich auf der Höhe der Südseite des Tafellandes eine horizontale Transgression weit jüngerer, versteinerungsführender Schichten aus. Es sind dies zuerst cretacische Schichten, welche jenen von Trichinopoly und Natal gleichen, hierauf Nummulitenkalk und, wie aus einzelnen Angaben hervorzugehen scheint, noch einige Schollen einer jüngeren tertiären Meeresablagerung. Die Beschaffenheit der Kreideschichten lässt vermuthen, dass auf diesem Tafellande einstmals das nördliche Ufer des Kreidemeeres lag.

Alle diese flachgelagerten, transgredirenden Schichten beugen sich an dem scharfen Südrande des Höhenzuges in einer grossen Flexur um und sinken dann steil zur Tiefe. Südlich von der Flexur sind noch einige steil gestellte und stark gefaltete Stücke der jüngeren Tertiärbildungen sichtbar. —

Die Westküste der indischen Halbinsel ist wesentlich verschieden von der östlichen. Von Cap Comorin nordwärts bis über Bombay hinaus wird sie gebildet von den Sahyádri oder westlichen Ghát's, dem Rande des Tafellandes, und mit Ausnahme des nachtertiären Cuddalore-Sandsteins bei Quilon im äussersten Süden, sieht man keine Meeresbildung dieser grossen Stufe angelagert. Die Wasserscheide der Halbinsel liegt durch diese lange Erstreckung stets nahe an der Küste, so dass aller Abfluss gegen Ost geht, und nur im Süden greift ein tieferer Sattel durch das Land. Trotz dieser geschlossenen Einheit der Stufe besteht sie aus zwei ganz verschiedenen Theilen. Von Cap Comorin in

8.° nördl. Br. nordwärts bis zum 16.° nördl. Br. ist sie von der grossen Gneissmasse des Ostens gebildet, und von da gegen die Bucht von Cambay bis über den 20.° nördl. Br. besteht sie aus den mächtigen Laven und Aschenanhäufungen des Dekkan.

Acht Breitegrade der Westküste gehören dem Gneiss, vier Breitegrade den Laven an, deren Alter beiläufig an die Grenze von Kreide und Eocän zu stellen ist, wahrscheinlich auch ins Eocän hinaufreicht.[53] Einheitlich und ohne irgendwie die Richtung zu ändern, setzt sich die Küstenlinie aus dem einen Gebiete in das andere fort. Diese Linie ist aber nicht die westliche Grenze der Laven. Sie liegen weit ausgebreitet in Kattywar und ihre Ausläufer erscheinen noch in dem gefalteten Gebirge von Sind. Gegen Nord und Ost löst sich die grosse Masse in Tafeln und Schollen auf; wir haben ähnliche Stücke sogar bei Rájahmundry an der Ostküste kennen gelernt. Darum ist es schwer, die ursprüngliche Ausdehnung der Ergüsse in Ziffern anzugeben. Um sie zu bezeichnen, führen die indischen Geologen an, dass die 825 Kilom. lange Eisenbahn von Bombay nach Nágpur erst unmittelbar vor Nágpur die vulcanischen Gesteine verlässt, und dass durch beinahe 10 Breite- und 16 Längegrade ihre einstige Ausbreitung als erwiesen anzusehen ist.[54]

Die grösste Mächtigkeit erlangen die vulcanischen Massen bei Bombay. In der Hauptmasse erscheinen nur Spuren von Land- und Süsswasserbildungen; diese ist gewiss nicht unter dem Meere gebildet. Nur die entferntesten Ausläufer in Sind und an der Ostküste stehen mit Meeresablagerungen in Verbindung. Welcher Hohlraum wurde durch diese Effusionen geschaffen? —

Wo der Golf von Cambay die Hauptmasse der Laven des Dekkan abtrennt von der Platte von Kattywar, beginnen marine Transgressionen theils unter den Rändern der Laven und theils über denselben sich zu zeigen. Die erste Transgression, welche hier angetroffen wird, gehört der Cenomanstufe an. Diese erscheint im Nordosten der Bucht, in der Umgegend von Baroda, wird unter dem westlichen Rande der Laven bei Bágh sichtbar und lässt sich landeinwärts, im unteren Narbadathale bis in die Gegend südlich von Indore verfolgen. Man bezeichnet sie als die ‚Bágh-Beds‘.[55]

Die cenomanen Ablagerungen von Bágh entsprechen aber ihrer Fauna nach nicht jenen von Natal, von Pondichery und von Assam, sondern den arabischen Vorkommnissen des Râs Fartak, der ägyptischen Cenomanstufe und jener der Mittelmeerregion. Aus diesem Umstande lässt sich zweierlei entnehmen. Erstens sehen wir, da der cretacische Typus von Natal und der Ostküste Indiens sich auch viel weiter im Osten, z. B. in Japan wiederholt,[56] dass zur Zeit der mittleren Kreideformation eine Trennung zwischen einem Meeresgebiete vorhanden war, welches aus dem südlichen Europa über Nordafrika und Arabien bis über den Golf von Cambay reichte, und einem zweiten ausgedehnten Meeresgebiete, welches die südöstliche Küste von Afrika, die Ostküste Ostindiens und die Berge von Assam nach dieser Richtung zur Grenze hatte. Und weiter folgt hieraus, dass in diesen beiden getrennten Meerestheilen zur cenomanen Zeit Erweiterung des Meeres durch Transgression eintrat.

Wie die Kreide, erscheint auch am Golf vom Cambay zum ersten Male eine Reihe theils mariner und theils fluviatiler Tertiärablagerungen, welche jünger sind als die Laven. Sie reichen weniger weit ostwärts in das Land hinein als die Kreide von Bágh, aber sie erstrecken sich weit gegen NW. und sind thatsächlich nur die Ausläufer jener ausgebreiteten Tertiärbildungen, welche einen grossen Theil der gefalteten Ketten von Sind ausmachen. Sie beginnen zwischen dem Unterlaufe des Tapti und des Narbada mit alttertiärem Nummulitenkalk; es folgen mitteltertiäre Schichten mit Balanus, und auf der kleinen Insel Perim im Golf von Cambay tritt Sandstein auf mit Resten von Mastodon, Dinotherium, Brahmatherium und anderen Vertretern einer grossen Landfauna, welche zehn Arten mit der Siwalikfauna der Vorberge des Himalaya gemein hat.

Die tieferen Glieder dieser tertiären Reihe umgeben die basaltische Platte von Kattywar an der Südseite und setzen sich von dort nach Kachh und westwärts über den Indus in das grosse Kettengebirge von Sind fort.

Man kann sagen, dass, so wie von den Gebirgen von Burmah her die ganze Schichtreihe von der Cenomanstufe aufwärts ihr Ablagerungsgebiet vorschiebt auf die alten Gneiss- und Vindhya-

massen der Berge von Assam. so auch von den gefalteten Ketten von Sind her alle Schichten von der Cenomanstufe aufwärts herübergreifen auf die äusseren Ränder der alten Felsarten der Halbinsel bis an den Narbada und den Unterlauf des Tapti.

Näher an dem Aussenrande der Ketten von Sind aber, in Kachh, werden unter den Ausläufern der vulcanischen Decken jurassische Meeresablagerungen sichtbar. Sie tauchen als Inseln aus dem Schwemmlande hervor und sind in einige Falten gebogen.[57] Mit der grösseren Entwicklung der Meeressedimente beginnt die Faltung. Die ältesten sichtbaren Lagen gehören in die Zeit des Grossoolith's. Ihre Fauna, zum Theile selbst ihre oolithischen Gesteine zeigen den europäischen Typus. Es ist eine höchst eigenthümliche und für die Beurtheilung des Wesens der Formationsgrenzen höchst lehrreiche Thatsache, dass Stoliczka und Waagen hier eine ganze Reihe untergeordneter Zonen der mittleren und oberen Juraformation nachzuweisen im Stande waren, mit denselben leitenden Arten und in derselben Reihenfolge wie im mittleren Europa. Von diesen haben wir eine, die Zone des Peltoc. acanthicum oder den Katrol-Sandstein, bereits von Mombas in Ostafrika erwähnt. Sie scheinen ziemlich ununterbrochen bis in das Tithon zu reichen. Ueber den nachweisbar jurassischen Horizonten sind einzelne Arten der Fauna von Uitenhage sichtbar und über dieser liegt eine Anzahl von Arten des französischen Aptien.[58]

Die Jura-Ablagerungen von Kachh setzen sich gegen Nord an dem äusseren Saume der Ausläufer des Arvaligebirges unter der Ebene von Rájputána fort und sind noch westlich von Jesalmir bekannt. Mit ihnen haben wir ein Gebiet betreten, welches durch Faltung wie durch marine Entwicklung sich von der Halbinsel unterscheidet, gleichsam eine Mittelregion zwischen dieser und dem Hochgebirge. Es deuten aber die Reste von Landpflanzen, welche mehreren Abtheilungen dieser Meeresschichten eingestreut sind, darauf hin, dass die Küste nicht fern war. —

Madagascar. Die Arbeiten Grandidier's und der englischen Missionäre haben in den letzten Jahren die Kenntniss der Structur von Madagascar wesentlich erweitert und lassen die folgenden Grundlinien erkennen.[59]

Die Mitte dieser grossen Insel wird vom Norden her bis in die Nähe des 22.° von einem aus Granit und Gneiss bestehenden Hochlande gebildet, welches insbesondere die beiden Provinzen Imérina und Betsiléo umfasst. Seine Höhe beträgt beiläufig 1500 M. Es ist nach Ost und nach West durch schroffe Abstürze, gegen Süd durch eine querstehende Kette begrenzt; im Imérina ist seine Breite beiläufig 130 Kilom., südlich davon, bei Sirabé, nur 90 bis 100 Kilom. und im 22.°, wo man vom Berge Kirianga beide Ränder sieht und das südliche Ende nahe ist, beträgt die Breite nur mehr 56 Kilom. Die Wasserscheide liegt ganz in der Nähe des östlichen Randes.

Von der Ostküste gegen Antanánarivo reisend, trifft man den Absturz in drei Stufen getheilt; diese vereinigen sich im Norden, und an der Vereinigungsstelle liegt in 17° 20′—17° 40′ der grosse See Alaotra, 900 M. hoch. Die innerste dieser Stufen ist die bedeutendste und zieht sich gegen Süd fort. An diesem Steilrande erscheinen mächtige vereinzelte Tafelberge, welche gewaltige natürliche Festungen bilden, denen in der Geschichte der Insel eine hervorragende Rolle zufällt, so der Festungsberg Isahazávona an der Grenze der unterhalb des Abhanges liegenden waldigen Provinz Tanála und der berühmte Festungsberg Ikongo, welcher 8 Kilom. lang, 300—500 M. über die Ebene eine weite Fläche trägt, auf der sich fünf Ortschaften und zwei Ströme befinden, und welchen die Záfirambo in zwei langen Belagerungen glücklich gegen die Hóva's behauptet haben. Südlich vom Ikongo, im Quellgebiete des Flusses Mátitánana, fällt der Ostrand in einer einzigen grossen Stufe über 800 M. tief herab, und in der Nähe der südöstlichen Ecke erhebt sich der hohe vereinzelte Granitberg Ivohibé.

Der westliche Rand ist im Norden innerhalb der Bembatukabucht in vier Stufen getheilt und daher leichter zu übersteigen als der östliche, welcher sich auf lange Strecken als eine geschlossene Wand zeigt, doch liegt das Hóva-Fort Antóngodrahója in 17° südl. Br. an der Kante des Westrandes 1500 M. hoch und ist der westliche Rand in 18° 40′ auch zu einem einheitlichen Absturze von mehr als 800 M. vereinigt. Im Süden trägt die westliche Hauptstufe den Namen Bóngo Lava.

Die Ströme des Hochlandes stürzen in grossen Wasserfällen über diese Stufen herab. Seine Oberfläche ist sehr uneben; höhere Granitzüge erheben sich über dieselbe; seine Tiefen und insbesondere die Flächen der beiden Zwischenstufen im Osten sind mit einer mächtigen Lage von rothem Thon bedeckt, in welche das Wasser tiefe Furchen zieht. Im Südwesten, in Bára, bildet nach Cowen's Angaben Granit den Untergrund eines wüsten Landstriches; demselben folgt westlich eine Mulde mit abgestuften Abhängen, der Boden eines getrockneten See's, und jenseits, etwa in 22° 10′ — 22° 25′ südl. Br. die Gruppe der Isáloberge, ein Sandstein-Tafelgebirge, welches von Wasserläufen tief durchschnitten ist.[60]

Dem Hochlande sind ferner vulkanische Berge aufgesetzt. Südwestlich von Antanánarivo liegt die Gruppe von Ankárat, aus fünf vulkanischen Kegeln bestehend; sie sind die höchsten Berge von Madagascar und der höchste erreicht nach Johnson 2873 M. Nordwestlich von diesen, am See Itasy, befindet sich ein ausgedehntes vulkanisches Gebiet, den phlegräischen Feldern vergleichbar; Mullens zählte hier 40 Kratere. Viele andere sind über das westliche Imérina ausgestreut und es scheint sich von hier in solchen sporadischen Vorkommnissen das eruptive Gebiet nordwärts fortzusetzen zu dem grossen vulkanischen Tafelberge Vóambóhitra, welcher an der nordwestlichen Kante des Hochlandes steht, und von da zu den Radama-Inseln, zu dem gewaltigen Vulkan Katowla innerhalb der Passandavabucht, dem M. Amber an der Nordspitze, nach Majotte, Johanna und den Komoren.[61]

Indem das Hochland nordwärts sich senkt, trifft man auf den Inseln seine Gesteine wieder. Herland's Darstellung von Nossi-Bé gibt davon ein gutes Beispiel. Das südliche Vorgebirge der Insel, Lugubé, ist so wie die Insel Nossi-Komba aus Granit und altem Schiefer gebildet. Der nördliche Theil besteht dagegen aus einer Scholle von altem Sandstein von rother und gelber Farbe. Die ganze Mitte ist vulkanisch und trägt mehrere Kratere und sieben Kratersee'n.[62] An der Ostküste von Nossi-Bé liegt ein Stück nummulitenführenden Kalksteins. Dies ist wahrscheinlich der Anfang des breiten Streifens von mesozoischen und eocänen Ablagerungen, welcher gegen W. und S. und bis Fort Dauphin

im SSO. das granitische Hochland von Madagascar umgibt, und welchen Grandidier für den Rest einer weit ausgedehnteren Tafel hält. Aus den eocänen Ablagerungen nennt man Nummulites, Alveolina, Velates Schmideliana u. A.; die mesozoischen Ablagerungen scheinen insbesondere am Flusse Anhulahé, welcher in die S. Augustin's Bucht mündet, reich an Versteinerungen zu sein.[63]

Der Ostküste fehlt ein solcher Saum; auf dem Flachlande derselben erheben sich nur einzelne kleinere vulcanische Berge.

So weit wir Madagascar kennen, bietet es grosse Aehnlichkeit mit Südafrika und mit Ostindien. Die langen und scharf ausgeprägten parallelen Stufen, welche mit gegen NNO. streichenden Abfällen das Hochland abgrenzen, geben demselben die Merkmale eines alten Horstes. Auf demselben liegen die Sandsteine des Isálogebirges, von Nossi-Bé und anderen Orten, deren Alter unbekannt ist. Vulcane sind dem Hochlande aufgesetzt wie der böhmischen Masse oder dem französischen Centralplateau. Der mesozoische und eocäne Gürtel gehört nur dem Westen und Süden an und fehlt dem Osten. Es ist auffallend, dass in Madagascar wie in Ostindien der Ablauf der Wässer des Hochlandes einseitig ist, und dass der mesozoische Gürtel hier wie unter den Sahyádri gerade an jener Seite fehlt, deren Kante die Wasserscheide bildet.

Die Seychellen, weit gegen NNO., aber genau im Streichen des grossen Horstes gelegen, bestehen aus Granit;[64] Réunion, Mauritius und Rodriguez sind vulcanischen Ursprunges.

Uebersicht. Es besteht eine unleugbare Aehnlichkeit zwischen dem Baue des südlichen Afrika und jenem der indischen Halbinsel. In jedem dieser beiden grossen Gebiete fehlt seit langer Zeit, jedenfalls seit der Carbonzeit in Afrika, und wohl seit ebenso langer Zeit in Ostindien, jede Aeusserung der tangentialen Kraft, jede Faltung des Gebirges. Es sind wahre Tafelländer. In jedem derselben lastet auf einer älteren Unterlage eine mächtige Reihe von nicht marinen Ablagerungen, welche von der permischen bis in die rhätische Zeit, vielleicht bis in den Lias reichen. Durch diesen langen Zeitraum hat eine Serie gleichartiger Landfloren, begleitet von eigenthümlichen Reptilien, in beiden Gebieten gelebt.

Nun folgt Zusammenbruch. Ein neuer Ocean wird gebildet und neue Umrisse der Festländer. Im Innern bleiben hohe Tafelberge von pflanzenführendem Sandstein zurück, oder Stücke solcher Tafeln, welche in Gräben der alten Unterlage versenkt worden sind; die nachfolgenden jüngeren Bildungen aber, in Afrika Meeresbildungen, in Ostindien nach der Stufe von Ober-Gondwána ebenfalls Meeresbildungen, lagern sich rings in tieferem Niveau an die neuen Brüche. Aus der Tiefe des Oceans ragt mit allen Merkmalen eines Horstes die grosse Insel Madagascar hervor, ebenfalls mit Sandsteinschollen auf einem granitischen Sockel, und ebenfalls in tieferem Niveau von einem Saume mesozoischer Ablagerungen begleitet.

Der Gedanke an den einstigen Zusammenhang von Südafrika und Ostindien ist schon bei der Erkenntniss der ersten Grundzüge ihrer Beschaffenheit hervorgetreten, und er hat die Unterstützung der ausgezeichnetsten Kenner beider Länder, wie Stow in Afrika und H. F. Blanford und Griesbach in Indien, bereits vor Jahren gefunden.[65]

Mit Recht frägt Stow im Angesichte der mächtigen Schichtenköpfe von Karoo-Sandstein, welche an so vielen Stellen frei dem Meere zugekehrt sind, wo denn die Umrahmung des weiten Beckens sei, in welchem sich diese Tausende von Fussen pflanzenführender Sandsteine gesammelt haben. Blanford weist in Indien darauf hin, dass die vulcanischen Ergüsse des Dekkan gegen Osten horizontal liegen, dagegen in jenem Theile der Sahyádri, welcher dem Meere zugewendet ist, sich so sehr seewärts neigen, dass Bombay Island im Meeresniveau auf den höheren Theilen derselben steht.[66] Ebenso verweisen Medlicott und Blanford auf die Verschiedenheit der Kreideablagerungen von Bágh und von Trichinopoly.[67]

Auf einem ganz anderen Wege, nämlich durch die Vergleichung der Verbreitungsgebiete heutiger Lebensformen, sind hervorragende Zoologen zu der Hypothese von dem Bestande eines Continentes an der Stelle eines grossen Theiles des westlichen indischen Oceans gelangt, und es wurde diesem versunkenen Festlande der Name ‚Lemuria‘ gegeben. Andere Zoologen haben diese Annahme verworfen, und die beträchtliche, vielfach unter 2000 bis 2600 Faden sinkende Tiefe des Meeres in der Nähe von Madagascar wurde als ein wesentlicher Grund gegen dieselbe angeführt.

Es ist jedoch nicht meine Absicht, hier in eine Erörterung dieser Meinungsverschiedenheiten einzugehen, deren Ergebniss im besten Falle nur die Beantwortung der weit engeren Frage sein könnte, ob noch in der heutigen Fauna und Flora die Spuren eines einstigen Zusammenhanges nachweisbar seien. Diese die Geschichte beider Festländer betreffende Frage muss zuerst an der Beschaffenheit der Festländer selbst, ihrer heutigen Umgrenzung und der angelagerten Zonen geprüft werden.

Die Analogie der Quathlambakette im Westen und der Sahyádri im Osten ist so gross, dass sie einer Erläuterung nicht bedarf. Es sind die grossen Bruchränder von Tafelländern. Im Einzelnen sind aber die heute vorhandenen Ränder des trockenen Landes von verschiedener Beschaffenheit. Die Ostseite der indischen Halbinsel hat eine nach Unter-Gondwána beginnende, bis über die obere Kreide reichende Umrandung von sedimentären Ablagerungen. Die Westseite hat keine solche Umrandung bis hinauf über den 20. Breitegrad. Anders ist es in Madagascar; dort fehlt der Ostseite die Umrandung, sie ist aber im Westen und Süden vorhanden und reicht von Jura oder Neocom bis in's Eocän. Wieder anders verhält sich das südliche Afrika. Im Osten der Capcolonie beginnen die Anlagerungen mit den Schichten von Uitenhage, die wir zur unteren Kreide gestellt haben; in Kaffraria fehlt eine Anlagerung; in Natal stellen sich höhere Schichten der Kreideformation ein.

Im Ganzen zeigt die Vertheilung der marinen Formationen folgende Umrisse:

Der mittlere und obere Jura dringen mit europäischen Merkmalen bis Mombas in Afrika und bis Kachh in Ostindien; ihr Auftreten an der Ostküste von Madagascar ist noch unsicher. Die jurassischen Spuren der ostindischen Ostküste sind auch sehr unsicher und gehören vielleicht der folgenden Stufe an. Die untere Kreide mit südlichen Merkmalen, die Stufe von Uitenhage, erscheint an der Ostseite der Capcolonie und in Spuren an der Ostküste Ostindiens, aber es sind in Kachh und der Salzkette einige Spuren (zwei Trigonien) vorhanden, welche möglicher Weise ein Uebergreifen dieser südlichen Entwicklungsform in die nördliche Region andeuten.

Zur Zeit der mittleren und oberen Kreide kommt breites offenes Meer von Europa über die Wüste, über Arabien, vielleicht über Somâli her und die Ablagerungen der südeuropäischen Kreide dringen im Narbadathale in das Innere des ostindischen Tafellandes. Im Süden, in Natal und in Trichinopoly und gegen NO. weit hinauf bis an das Plateau von Shillong zwischen Brahmaputra und Ganges, ist auch mittlere und obere Kreide vorhanden, doch in einer verschiedenen, südlichen Entwicklungsform. Einzelne Arten stimmen überein, die grosse Mehrzahl ist verschieden. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass zu jener Zeit keine ganz freie Verbindung zwischen dem Nordwesten und dem Südosten vorhanden war.

Zur Eocänzeit dringt immer noch offenes Meer über Arabien vor; die nummulitenführenden Schichten reichen bis Kachh und Guzerat, und ostwärts erreichen sie über das Gebiet der Salzkette und des Himalaya im Shillongplateau das Gebiet der südlichen Kreideformation, welche sie überlagern; von dort ziehen sie weit gegen SO. Südwärts dringen sie bis an die NW.-Küste von Madagascar vor, aber dem südöstlichen Afrika, dem östlichen Madagascar und der ganzen W.-Küste von Ostindien südlich von Guzerat und der ganzen O.-Küste blieben sie dennoch fern; die mit Zweifel dem Eocän zugezählten Ablagerungen von Rájahmundry am unteren Godávari weichen zu sehr von dem gewöhnlichen Typus ab, um in Betracht zu kommen. — Es müssen daher wohl auch seit der Eocänzeit wichtige Veränderungen in den Umrissen der Festländer eingetreten sein.

Die Folgerungen, welche mir, selbstverständlich unter Vorbehalt ihrer Abänderung durch neue Beobachtungen, heute möglich erscheinen, sind die folgenden:

Ostindien, Madagascar und Südafrika tragen die gemeinsamen Merkmale eines einst vereinigten Tafellandes. In Ostindien begann Zusammenbruch zwischen Unter- und Ober-Gondwána, d. i. wahrscheinlich während oder nach dem Lias. In Südafrika ist diese Epoche nicht näher zu bezeichnen, doch ist sie jedenfalls später als die Triasformation und früher als das Neocom. Seither ist der Einbruch fortgegangen. Zur Zeit der mittleren Kreide war noch eine Grenze von SW. gegen NO. vorhanden, vielleicht nicht

unähnlich jener, welche heute weiter im Norden die indische und die mittelländische Fauna trennt, doch war die Grenze der Fauna nicht so scharf wie heute. Auch zur Eocänzeit, wo die mittelländischen Ablagerungen nach Grandidier bis Madagascar reichten, war noch irgend eine Scheidung vorhanden.

Die aus den Sedimenten derselben cretacischen und tertiären Meere gebildeten Tafeln Arabien's und der Sahara sind heute als trockenes Land sichtbar. Es ist auch auf diesem weiten Gebiete die Trennung einer aufsteigenden und einer absteigenden, oder einer aufgelagerten und einer angelagerten Serie wie bei Suez zu unterscheiden, deren Grenze allerdings in eine weit frühere Zeit fällt. An späterer Stelle wird zu prüfen sein, ob der Einbruch so grosser Festländer an sich ein allgemeines Sinken der Strandlinie und daher die Blosslegung der Tafeln herbeiführen konnte.

Anmerkungen zu Abschnitt VI: Das gebrochene indische Festland.

---

[1] Die Küsten- u. Landes-Vermessung der Kap-Kolonie; Petermann's geogr. Mitth. 1868, S. 23, 24; Taf. III.

[2] A. Geddes Bain, On the Geol. of S. Africa; Trans. geol. Soc. 1856, 2. ser. VII, p. 175—192, pl. XX, XXI.

[3] E. J. Dunn, Geol. Sketch Map of S. Africa; from personal Observations combined with those of MM. A. G. Bain, Wylie, T. Bain, Atherstone, Pinchin in Cape Col., Sutherland in Natal and Mr. E. Button N. of 24⁰ lat. (Fol., ohne Jahreszahl).

[4] F. v. Hochstetter, Beiträge z. Geol. d. Caplandes; Reise d. österr. Fregatte Novara; Geol. Theil, II, 4⁰ Wien, 1866, S. 28.

[5] Sutherland, Notes on an ancient Boulder-Clay of Natal; Quart. Journ. geol. Soc. 1870, XXVI, p. 514—516. Die ganze Schichtfolge der Karoo ist am ausführlichsten aufgeführt von Rup. Jones u. Tate nach Bain, eb. das. 1867, XXIII, p. 142—149 u. nach Wyley eb. das. p. 171—173.

[6] R. Owen, On the Skull and Dentition of a Triassic Mammal (Tritylodon longaevus Ow.) from S. Africa; Quart. Journ. geol. soc. 1884; Discuss. p. 152.

[7] G. W. Stow, On some Points of S. African Geol.; Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 497—548, insb. p. 531.

[8] C. L. Griesbach, On the Geol. of Natal; eb. das. 1871, XXVII, p. 53—72, pl. II, III.

[9] R. Pinchin, A short Description of the Geol. of Part of the East. Prov. of the Colony of the Cape of Good Hope; eb. das. 1875, XXXI, p. 106—108, pl. IV.

[10] Rubridge, On some Points in the Geol. of South-Africa, eb. das. 1859, XV, p. 195—198.

[11] G. W. Stow, Geol. Notes upon Griqualand West; eb. das. 1874, XXX, p. 581—682, pl. XXXV—XXXIX; auch E. Cohen, Brief im Neu. Jahrb. f. Mineral. 1873, S. 52—56 u. Andr. A. Anderson, Notes on the Geography of S. Centr. Africa, in Explanation of a New Map of the Region; Proc. Roy. Geogr. Soc. 1884, VI, p. 19—36 u. Karte.

[12] C. L. Griesbach, Geol. Durchschnitt durch Südafrika; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 501—504, Taf. XIX, u. vollständiger am ang. Orte Quart. Journ. 1875, XXXI.

[13] E. Cohen, Erläut. Bemerkungen zu d. Routenkarte einer Reise von Lydenburg nach d. Goldfeldern u. von Lydenburg nach d. Delagoa-Bay; 8⁰ 1875.

[14] Ant. Rehmann, Das Transvaal-Gebiet d. südl. Afrika in phys.-geogr. Beziehung; Mitth. geogr. Ges. Wien, 1883, XXVI, S. 257—266, 321—362, 369—395, 417—443; Karte u. 2 Taf.; auch F. Jeppe, Die Transvaal'sche od. Südafrikan. Republik; Peterm. geogr. Mitth. Ergänzungsheft XXIV, 1868 mit der Karte von Jeppe

u. Merensky; ferner: Jeppe, Notes on some of the Phys. and Geol. Features of the Transvaal; Journ. Geogr. Soc. 1877, XLVII, p. 217—250 u. Karte.

15 J. J. Machado, Caminho de Ferro de Lourenço Marques à Fronteira de Transvaal; Bolet. Soc. geogr. Lisbon. 1880, 2. Ser., 2, p. 67—104; insb. p. 89.

16 z. B. Lee in Geol. Magaz. 1879, 2. ser. VI, p. 192.

17 E. J. Dunn, On the Mode of Occurrence of Diamonds in S. Afr.; Quart. Journ. geol. Soc. 1874, XXX, p. 54—60; M. Chaper, Note sur la Région diamantifère de l'Afr. austr. 8° Paris, 1880, insbes. p. 42 u. folg.; E. Cohen, Ueb. die südafrik. Diamantfelder; 8° 1883, S. 5 (aus d. V. Jahresber. d. Verein's für Erdkunde zu Metz für 1882).

18 A. Hübner, Geogr. Skizzen aus Südost-Afrika; Peterm. Geogr. Mitth. 1872, XVIII, S. 422—431, Taf. XXI.

19 Livingstone u. Thornton, Berichte im Journ. geogr. Soc. 1861, XXI, p. 261, 291 u. an and. Ort.; H. Kuss, Note sur la constit. géol. d'une partie de la Zambésie; Bull. soc. géol. 1884, 3. sér. XII, p. 303—317, u. geol. Karte.

20 Jos. Thomson, Notes on the Basin of the River Rovuma, East Africa; Proc. geogr. Soc. 1882, new ser. IV, p. 65—79 u. Karte.

21 Ders.: To the Central Afric. Lakes and Back; 8° 1881; Appendix III. Notes on the Geol. of East Centr. Africa, vol. II, p. 299—307 u. geol. Karte.

22 H. M. Stanley, Durch den dunkeln Welttheil (deutsche Ausg. v. Böttger), 8° 1878, II, S. 37: „Die Kurungwé-Spitze besteht aus senkrechten, 50 bis 200 Fuss hoch aus dem See emporsteigenden Wänden aus einem schönen röthlichen Sandstein mit horizontalen Schichten. Ihr eigenthümliches Aussehen kann man sich vorstellen, wenn man die Bootsmannschaft ausrufen hört: „O, Mutter, dies ist eine Festung! Sieh, dort sind die Fenster und hier ist eines der Thore!" Kirungwé erscheint wie ein hoch anschwellender Bergrücken, der bis zu einer unbekannten Tiefe gerade durchgeschnitten ist. Wenn wir die Skizze des „Hohen Platzes des Geistes Mtombwa", der auf der gegenüberliegenden Seite des See's liegt, scharf ansehen, so halten wir die Annahme für begründet, dass dieser Bergrücken einst eine Fortsetzung der Hochebene von Marungu bildete, da die Felsen aus demselben Material bestehen u. beide Seiten des See's die ganz ähnlichen Resultate eines plötzlichen Einsinkens ohne Störung oder Verschiebung der Schichten zeigen." Auch Jos. Thomson, On the geogr. Evolution of the Tanganyika Basin; Rep. Brit. Assoc. Southampton, 1882, p. 622, 623. Hiebei mag an die auffallend marinen Gestalten unter den Conchylien des Tanganyika und an das Vorkommen der cretacischen Gattung Pyrgulifera in demselben erinnert sein; Tausch, Ueb. einige Conchyl. aus d. Tanganyika-See und deren foss. Verwandte; Anzeig. Ak. Wien, 1884, S. 130. — Nahe der NW.-Seite des Nyassa, auf dem archaischen Plateau, hat kürzlich Drummond Ablagerungen von wahrscheinlich lacustrem Ursprunge mit Fischen, Mollusken und Blättern angetroffen; Nature, 10. April 1884, p. 551.

23 Osk. Lenz, Geol. Karte von West-Afrika; Peterm. geogr. Mitth. 1882, Taf. I.

24 Giebel, Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1876, Bd. 48, S. 58; Lenz, Geol. Mitth. aus West-Afrika; Verh. geol. Reichsanst. 1878; S. 148. L. Szajnocha, Zur Kenntniss d. mittel-cret. Cephalop. Fauna auf d. Inseln Elobi in W.-Afrika; Denkschr. Ak. Wien, 1884.

25 (Lieut. Wolf:) Narrative of Voy. to explore the shores of Africa, Arabia and Madagascar, performed in H. M. Ships Leven and Barracouta (direct. by Capt. W. F. W. Owen) 8° Lond. 1833, II vol., p. 231; Versteinerungen in Sandstein nordwärts von der Säule des Bartol. Diaz in 11° 53' 3" o. L., 15° 40' 7" s. Br. zwischen Port Alexander u. Little Fish Bay; auch Journ. geogr. Soc. 1833, III, p. 217.

26 Stow am ang. Orte, Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 497 u. folg.; für die Fauna und Flora insb. Kraus, Ueb. d. geol. Verhältnisse d. östl. Küste d. Kaplandes; Amtl. Bericht üb. d. XX. Versamml. d. Gesellsch. deutsch. Naturforsch. u. Aerzte, Mainz, 1842 u. Ralph Tate, On some secondary Fossils from S. Africa; Quart. Journ. geol. Soc. 1867, XXIII, p. 139—175, pl. V—IX.

[27] E. Holub u. M. Neumayr, Ueb. einige Fossil. aus d. Uitenhage-Formation in S.-Afrika; Denkschr. Akad. Wien, 1881, XLIV, S. 267—276: 2 Taf.

[28] Stow hat auch Conchylien der Uitenhage-Serie nach England geschickt, welche angeblich vom Zambesi stammen (am ang. Orte p. 505 Note); Hr. Holub versichert mich aber, dass diese Stücke von Händlern gebracht worden seien, und dass dieser Angabe des Fundortes kein Gewicht beizulegen sei.

[29] R. J. Garden, Notice of some Cretac. Rocks near Natal, S. Afr.; Quart. Journ. geol. soc. 1855, XI, p. 453 u. Will. Baily, Descript. of some cret. Fossils from S. Afr., eb. das. p. 454—465; pl. XI—XIII; Griesbach eb. das. 1871, XXVII, p. 60—70, pl. III; die erste Entdeckung erfolgte durch Fynn im J. 1824; am Umtata-Flusse, weiter gegen Süd, sollen fossile Schildkrötenreste vorkommen.

[30] Osc. Fraas, Württemb. Jahresh. 1859, XV, S. 356; E. Beyrich, Ueb. jurass. Ammoniten von Mombassa; Monatsber. Akad. Berlin, 8. März, 1877, S. 96—103.

[31] H. B. Medlicott and W. T. Blanford, A Manual of the Geol. of India; 8° Calcutta, 1879; 2 Bde. 8° u. Karte. — Bei der ganz ausserordentlichen Schwierigkeit, eine irgendwie gleichartige Orthographie in einer Schrift wie die vorliegende zu erzielen, habe ich es für das Zweckmässigste gehalten, in Indien die von der geol. Landes-Aufnahme benützte Schreibweise beizubehalten; allerdings ergeben sich hiebei im Norden neue Schwierigkeiten, insbesondere in Betreff der Zischlaute; in dieser Beziehung bin ich der Uebung Richthofen's (China, I, p. XXI, und 170, Note) gefolgt, doch waren Inconsequenzen nicht zu vermeiden. Selbst das metrische Maass liess sich dort, wo öfters eine runde Zahl von englischen oder russischen Fussen genannt ist, nicht strenge durchführen.

[32] W. Waagen, Ueb. die geogr. Vertheilung d. fossil. Organismen in Indien; Denkschr. Ak. Wiss. Wien, 1878, XXXIX b, S. 1—21 u. Karte.

[33] C. A. Hacket, On the Geol. of the Arvali Region, Centr. and Eastern; Records geol. Surv. Ind. 1881, XIV, p. 279—303, u. Karte.

[34] W. King jun., On the Kadapah and Karnúl Formations in the Madras Presidency; Mem. geol. Surv. Ind. 1872, VIII, insb. p. 259—265; Rob. Br. Foote, Sketch of the Work of the Geol. Survey in South. India; aus d. Journ. of the Madras liter. Soc. 1982; 50 pp. 8°; insb. p. 18.

[35] W. T. Blanford, Descr. of the Geol. of Nágpúr; Mem. g. S. Ind. 1872, IX, p. 324, Oldham's Note daselbst; F. Fedden, On the Evidences of „Ground-Ice" in tropical India during the Tálchir Period; Rec. g. S. Ind. 1875, VIII, p. 16—18.

[36] Ott. Feistmantel, A sketch of the history of the fossils of the Indian Gondwána System; Journ. As. Soc. Bengal, 1881, vol. L, b, p. 168—219.

[37] W. T. Blanford, On the Geol. Structure and Relations of the Raniganj Coal-Field, Bengal; Mem. g. S. Ind. 1861, III, a; insb. p. 149—153.

[38] T. W. H. Hugues, The Kuhurbari Coal Field; eb. das. 1871, VII, insb. p. 222 u. folg.

[39] Griesbach, Geol. of the Ramkola and Tatapani Coal-Fields; eb. das. 1880, XV, p. 141.

[40] Medlicott and Blanford, Manual, I, p. 201; auch Hughes, Notes on the South Rewah Gondwána basin; Records g. S. Ind. 1881, XIV, p. 126—138.

[41] Manual, I, p. 215, 216.

[42] Im Tálchir-Gebiete am Bráhmani, NW. von Kuttack, ist der N.-Rand verworfen und das N.-Fallen allgemein, während die grosse Godávary-Reihe durch grade u. parallele Linien begrenzt, in ihrem Innern von Verwerfungen durchschnitten, dennoch als eine Ablagerung zwischen ursprünglich parallelen u. gradlinigen Ufern dargestellt wird. W. King, The Geol. of the Pránhita-Godávari Valley; Mem. g. S. Ind. 1881, XVIII, p. 169.

43 W. King, General Sketch of the Geol. of the Travancore State; Rec. g. S. Ind. 1882, XV, p. 87—93, u. dess.: The Warkilli-Beds and reported assoc. deposits at Quilon; eb. das. p. 93—102; Karte. Cullen's ältere Angaben über das Vorkommen von Meeresfossilien in Kalkstein bei Quilon habe ich wegen der vielfachen Zweifel, welche sich an diese Angabe knüpfen, hier gänzlich übergangen.

44 H. F. Blanford, On the Cretac. and other rocks of the South Arcot and Trichinopoly Distr., Madras; Mem. g. S. Ind. 1865, IV, p. 1—217, Karte; F. Stoliczka, Cretac. Fauna of South. India; (Palaeontol. Ind.) 1865—1871.

45 Medlicott and Blanford, Manual, I, p. 292.

46 R. Br. Foote, On the Geol. of parts of the Madras and North Arcot Distr. lying North of the Palar River; Mem. g. S. Ind. 1873, X, p. 63—124; W. Waagen, Jurassic Fauna of Kutch (Palaeont. Ind.) I, p. 236 u ders.: Geogr. Verbr. foss. Org. S. 12.

47 R. Br. Foote, On the geol. Structure of the East. Coast from Lat. 15° Northw. to Masulipatam; eb. das. 1880, XVI, p. 49—84, Karte.

48 W. King, The Upp. Gondwána's and other Formations of the Coastal Region of the Godávari Distr.; eb. das. 1880, XVI, p. 195—264; Karte.

49 V. Ball, On the „Atgarh Sandstones“ near Cuttack; Rec. g. S. Ind. 1877, X, p. 63—68, Karte, u. O. Feistmantel, On some foss. Plants from the Atgarh Sandstones. eb. das. p. 68—70.

50 V. Ball, Geol. of the Rajmehal Hills; Mem. g. S. Ind. 1877, XIII, p. 155—248, Karte; insb. p. 221.

51 Th. Oldham, On the geol. Structure of a Portion of the Khasi Hills, Bengal; Mem. g. S. Ind. 1858, I, p. 99—210, Karte; H. B. Medlicott, The Coal of Assam; eb. das. 1865, IV, p. 387—442 und Geol. Sketch of the Shillong Plateau in N. E. Bengal; eb. das. 1871, VII, p. 151—207, Karte, insb. das Sammelprofil auf S. 154, ferner Records g. S. Ind. 1874, VII, p. 61; H. H. Godwin-Austen, Notes to accomp. a Geol. Map of a Portion of the Khasi Hills near long. 91° E.; Journ. As. Soc. Beng. 1869, XXXVIII, b, p. 1—27, Karte, u. Notes on the Geol. and Phys. features of the Jaintia Hills, eb. das. p. 151—156; Medlicott and Blanford, Manual, II, p. 682—703; T. D. La Touche, The Daranggiri Coal field, Garo Hills, Assam; Rec. g. S. Ind. 1882, XV, p. 175—178, Karte.

52 Mallet hat eine solche Kuppe von Hornblendeschiefer am linken Ufer des Raidak-Flusses in 87° 47′ nur wenige hundert Ellen von den steilgestellten Tertiärschichten der Vorketten der Himalaya angetroffen; On the Geol. and Min. Resources of the Dárjiling District and the Western Duárs; Mem. g. S. Ind. 1875, XI, p. 41.

53 Neumayr, Die Intertrappean Beds im Dekan u. die Laramiegruppe im westl. Nordamerika; Neu. Jahrb. f. Min. 1884, a, S. 75, 76; Duncan in Medlicott, Ann. Rep. for 1883; Records g. S. Ind. 1884, XVII, p. 7.

54 Medlicott and Blanford, Manual, p. 300.

55 W. T. Blanford, On the Geol. of the Taptee and low. Nerbudda valleys; Mem. g. S. Ind. 1869, VI, p. 163—384; hiezu Karte Pl. I.

56 Edm. Naumann, Ueb. d. Vorkommen d. Kreideformation auf der Insel Yezo (Hokkaido), 8° Yokohama, 1880; Mittheil. d. deutsch. Gesellsch. f. Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Heft XXI; 19 SS. — Szajnocha's Bemerkung, dass Schloenb. inflata von der äquatorialen Westküste Afrika's in der Varietät der Kreide von Pondichery auftrete, ist vorläufig zu vereinzelt, um einen Schluss auf die westliche Ausdehnung dieses Meeres zu gestatten.

57 A. B. Wynne, Memoir on the Geol. of Kutch; Mem. g. S. Ind. 1872, p. 1—293, Karte; Waagen, Jurassic Fauna of Kutch. vol. I. 1875 (Palaeont. Ind.); Einleitung u. p. 224—238.

58 Die Reihenfolge der in Kachh nachgewiesenen europäischen Horizonte ist: Putchum-Gruppe = Gross-Oolith (unten Trigonia, Corbula u. A.; oben Oppelia serrigera); Zone des Stephanoceras macrocephalum, — des Perisph. anceps, — des Peltoc. athleta, —

des Amalth. Lamberti und des Am. cordatus, — des Peltoc. transversarium, — des Peltoc. acanthicum (Katrol Sandstein = Mombas in Ostafrika); — auf diesem liegt die Unter-Region der Umia-Gruppe, mit Arten des Tithon und der Portland-Schichten (Waagen p. 234). Nun folgt eine grosse Mächtigkeit von pflanzenführenden Schichten. Der Umia-Horizont zeigt Aehnlichkeit mit den afrikanischen Ablagerungen von Uitenhage; Trigonia ventricosa von Uitenhage, welche mit Trig. Smeei an der Ostküste erscheint, kommt hier vor, und Trig. Smeei erscheint noch hoch in den pflanzenführenden Ablagerungen (Manual, p. 259). Ueber denselben liegen an einer Stelle noch Apt-Schichten. Dies entspricht vollkommen dem an früherer Stelle über das Alter der Schichten von Uitenhage Gesagten.

59 Alfr. Grandidier, Madagascar; Bull. soc. géogr. Paris, 1871, 6. sér. I, p. 81—108, Karte; 1872, 6. sér. III, p. 369—371; La province d'Imerina; eb. das. 1883, 7. sér. IV, p. 242—249 u. Karte u. an viel. and. Orten; Jos. Mullens, On the Central Provinces of Madag.; Proc. geogr. Soc. London, 1875, XIX, p. 181—205 u. Journ. geogr. Soc. 1875, XLV, p. 128—152, Karte; Recent Journeys in Madag., eb. das. 1877, XLVII, p. 47—72, Karten; W. Deans Cowen, Geogr. Excursions in South Centr. Madag.; Proceed. geogr. Soc. 1882, new ser. IV, p 521—537, Karte; J. Sibree, The great Afric. Island, Chapters on Madagascar; 8° Lond. 1880.

60 Cowen am ang. Orte, p. 530; es sollen Fossilien in dem Sandstein enthalten sein, leider sind sie nicht näher bekannt; Sibree an ang. Orte S. 34 beschreibt geschichteten gelben Sandstein am Flusse Betsiboka; Buckland erwähnte schon vor langen Jahren den „New Red Sandstone“ von Port Louquez im N. der Insel; Trans. geol. Soc. V, p. 478.

61 Auch an der NO.-Küste traf Coignet nur Granit und Basalt, sowie eine geringe jüngere Anlagerung von möglicher Weise tertiärem Alter; F. Coignet, Excurs. sur la Côte NE. de l'Ile de Madag.; Bull. soc. géogr. Paris, 1867, 5. sér. XIV, insb. p. 279 u. folg.

62 F. Herland, Essai sur la topogr. de Nossi-Bé, sur sa constit. géol. etc.; Revue Coloniale, Avril 1856; 25 pp. u. geol. Karte von Nossi-Bé und Nossi-Kuma; vgl. auch Ann. d. Mines, 1856, 5. sér. VIII. Der Sandstein von Nossi-Bé dürfte wohl derselbe sein, welchen Guillemin an der NW.-Küste als kohlenführend beschrieben hat. E. Guillemin, Note sur une Exploration géol. à Madagascar pend. l'ann. 1863; Ann. d. Mines, 1866, 6. sér. X, p. 277—319; vgl. auch eb. das. 1854, 5. sér. VI, 570—576 für Kohle.

63 Fischer, Note sur la géol. du Sud de Madagascar; Bull. Soc. géol. 1868, 2. sér. XXV, p. 398—400; eine Nerinaea mit breiter Basis, welche Fischer für cretacisch hält; ferner Compt. rend. 1876, LXVI, p. 111, Phylloceras, Lytoceras u. Cosmoceras, welche für jurassisch gelten; Sibree am ang. Orte p. 53: Von Rev. Richardson im J. 1877 in grosser Menge im obern Theile des S. Augustine's River (= Anhulahé) angetroffen; darunter Ammonites, Nerinaea, Terebratula u. And.

64 L. Pelly, On the Island of Mahi; Journ. geogr. Soc. 1865, XXXV, p. 231: „Eine Granit-Bildung, aufragend in der Mitte einer weiten Schale von Korallenbildung;“ — Ch. Vélain, Mission de S. Paul, 4° 1879, p. 440—451. — Alle Seychellen bis auf zwei sind Granit, sagt Wolf, Baracouta, II, p. 165.

65 W. Stow: On the probable Existence of an ancient Southern Continent; Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 546—548; H. F. Blanford: On the Age and Correlations of the Plantbearing Series of India and the former Existence of an Indo-Oceanic Continent; eb. das. 1875, XXXI, p. 519—542, pl. XXV, u. an and. Orten.

66 Ein Profil dieser Art gibt schon Clark, eb. das. 1847, III, p. 222.

67 Manual Geol. Ind. I, p. 297.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Die indischen Schaarungen.[1]

Die iranischen Aussenketten. — Die Salzkette. — Die tertiären Ketten. — Der westliche Himalaya—Mustagh und Kuen-lun. — Hindu Kush und Pámir. — Der östliche Himalaya. — Burmah, Malakka, Sumatra. — Uebersicht.

Seitdem A. v. Humboldt und Carl Ritter uns die ersten Grundlagen einer Geographie von Inner-Asien gaben, sind ruhmwürdige Anstrengungen gemacht worden, um den Verlauf und den Bau der grössten Hochgebirge der Erde genauer festzustellen. Erst in den letzten Jahren hat F. v. Richthofen die Structur des nördlichen China dargelegt, hat Przewalsky in kühnen Reisen einen grossen Theil von Tibet erschlossen, wurde durch vereinte Bemühungen die Anordnung der gedrängten Ketten des Pámir ermittelt, und hat, als die Frucht jahrelanger Aufopferung, Lydekker die geologische Karte des westlichen Himalaya vom Tieflande des Indus bis zu den Gletschern des namenlosen Riesenberges K_2 in der Mustághkette veröffentlicht.

Nichtsdestoweniger ist auch heute noch die Kenntniss von einem grossen Theile dieser Hochgebirge eine äusserst unvollständige, und es ist daher umsomehr geboten, von dem Bekannteren auszugehen und zurückhaltend zu bleiben in den Folgerungen. Dieser Abschnitt behandelt den in Bezug auf seinen Bau am genauesten bekannten Theil der asiatischen Hochgebirge, und dennoch fehlt es auch hier nicht an Lücken.

Dieses Gebiet umfasst die mächtigsten Gebirgszüge und die höchsten Berggipfel der Erde. Ihre Höhenziffern sind nur mit Vorbehalt zu nennen, weil die Meinung hervortritt, dass alle bisher ermittelten Ziffern wegen einer in dem Refractions-Coëfficienten erforderlichen Richtigstellung unter der Wahrheit liegen, und es ist auch wahrscheinlich geworden, dass NW. vom Gaurisánkar noch höhere Spitzen aufragen als alle bisher gemessenen.[2]

Die höchsten bekannten Gipfel erheben sich nicht allzu fern von dem Tieflande des Ganges in der südlichsten Gneisskette des Himalaya, und der Gegensatz zwischen Hochspitzen und Tiefland fällt zusammen mit einem scharf ausgeprägten Gegensatze zwischen gefalteten Ketten und gebrochenem Tafellande. Zugleich ist hier einige Gelegenheit geboten, um das Verhältniss grosser gefalteter Ketten zu einander, die Art ihrer Schaarung, zu verfolgen.

Das Tafelland wurde in dem vorhergehenden Abschnitte besprochen; dort wie hier bilden die trefflichen Arbeiten der geologischen Landesaufnahme in Indien den ersten und wichtigsten Ausgangspunkt; ich hätte aber trotz des überreichen Inhaltes ihrer Berichte eine so schwierige Aufgabe nicht zu versuchen gewagt, ohne manche gütige Unterstützung von Seite massgebender, englischer wie russischer Fachgenossen, wie sich dies nicht nur aus dem Inhalte dieses, sondern auch des nächstfolgenden Abschnittes ergeben wird. —

Die Alpen lehren, dass die bogenförmigen Aussenränder der einzelnen Aeste weit beständiger in Bau und Verlauf sind als die Innenseiten; wir beginnen auch hier mit den Aussenrändern.

Vier Bogen treten gegen die indische Halbinsel vor.

Der erste bogenförmige Aussenrand beginnt in den kurdischen Bergen; er begrenzt die mesopotamische Ebene, folgt dem persischen Meerbusen, wendet sich mehr und mehr gegen Ost, erreicht die Mündungen des Indus und zieht von hier nordwärts, beiläufig diesem Strome folgend, in die Gegend von Tank, NW. von Dera Ismail Khan. Dies ist der Aussenrand des iranischen Bogens.

Der zweite Aussenrand weicht in seinem Baue von jenem aller anderen Gebirge der Erde ab. Er tritt in scharfer Krümmung

gegen den Indus vor, über den Berg Sheikh Budín gegen Puniála, weicht wieder zurück gegen Kálabágh, wo er vom Indus durchbrochen wird, tritt jenseits des Stromes abermals gegen Süd vor und erreicht in der Nähe von Jalalpúr den Fluss Jhelum. Dies ist die Salzkette, der Aussenrand des Hindu Kush. Es ist das kürzeste Randstück.

Vom Jhelum streicht der Aussenrand des Himalaya erst gegen SO., dann mehr und mehr gegen O., endlich gegen ONO. in das Thal des Brahmaputra hinein, wo in Assam das keilförmige Plateau von Assam vorliegt. Dies ist das dritte Randstück.

Aus dem Brahmaputrathale tritt S. vom Plateau von Shillong ein anderer Gebirgsrand hervor; zuerst streicht er dem Himalaya fast parallel gegen WSW., dann beugt er sich gegen SW. und hierauf ziemlich rasch gegen S., durch Arrakan zum Cap Negraïs, den Andamanen und den Nikobaren. Wir werden die Ketten, welchen dieser Rand angehört, hier in der Regel als die burmanischen Ketten bezeichnen, aber sie sind nur ein Theil eines ausserordentlich grossen, gekrümmten Zuges, welcher in N. und NNW. Richthofen's ‚hinterindisches System', im Süden einen grossen Theil der Sunda-Inseln umfasst; wir nennen sie insgesammt den malayischen Zug.

Die iranischen Aussenketten. Der westliche Theil der iranischen Aussenketten wird von hohen Gebirgszügen gebildet, welche mit südöstlichem Streichen sich an der Ostseite des Tigris zum persischen Meerbusen strecken und dann eine mehr und mehr östliche Richtung verfolgen. Den ganzen gegen SO. ziehenden Theil fassen wir unter dem Namen der Zágrosketten zusammen. Loftus hat dieselben nach vielen Richtungen durchreist; wir folgen seinen Berichten.[3]

In der Niederung Mesopotamien's taucht da und dort unter dem Schwemmlande eine Reihe flachgelagerter Sedimente von mitteltertiärem Alter hervor, welche als die gypsführende Serie (gypsiferous series) bezeichnet werden. Ihre Verbreitung ist eine sehr grosse, und Loftus hält sie für übereinstimmend mit den Gyps- und Salzablagerungen am Wánsee, welche, wie wir früher

sahen, vielleicht das Aequivalent der Gyps- und Salzablagerungen der Karpathen, also des Schlier, sind.

Diese gypsführende Gruppe besteht aus drei Gliedern, oben aus einer Ablagerung von Geröllen, darunter aus mürbem, rothem Kalksandstein, endlich aus buntem Thon mit Gyps und zuweilen mit Salz. Die Asphaltvorkommnisse der Vorberge des Zágros gehören ihr an.

Gegen den östlichen Rand des Schwemmlandes erhebt sich die gypsführende Gruppe, und sie bildet mit gefalteten und aufgerichteten Schichten einen breiten Saum an dem Fusse des Gebirges auf der ganzen Strecke von Jezíreh-ibn-Omár oberhalb Mossul in 36° nördl. Br. bis Kázerún in 29° 47′. Ihre Schichtenköpfe ragen frei hervor und finden ihre Fortsetzung in den vereinzelten abgerissenen Schollen, welche, in Synclinalen eingefaltet, hoch oben im Gebirge liegen, so in Lúristán im Thale des Kerkhah, im Písh-Kúh in 6000 Fuss, und zu Kirrind, westlich von Kermanshah, mit schlecht erhaltenen Meeresconchylien in etwa 5500 Fuss.

Unter der gypsführenden Gruppe folgt in grosser Mächtigkeit der Nummulitenkalk. Er bildet hohe und viele Meilen lange Faltensättel, welche von tiefen Querschluchten durchschnitten sind, und da und dort fast unnahbare ‚Diz‘ oder Festungsberge. Ein Beispiel ist der mächtige Ban-í-Zárdah zwischen Bagdad und Sennah; er ist gegen SW. durch den schroffen Schichtenkopf einer aufgebrochenen Antiklinale begrenzt und gegen NO. durch einen Bruch, welcher seine ganze Masse als den vorderen Theil der nachfolgenden Synclinale von dieser abtrennte und absinken liess. Auf diesem Block von Nummulitenkalk hat Yezdíjird, der Letzte der Sassaniden, den letzten Widerstand gegen die Moslim versucht.

Der Nummulitenkalk erreicht im Zágros Höhen von mehr als 10.000 Fuss; seine Falten ziehen durch das ganze Gebirge, vom Norden her bis südwärts über die Ruinen von Persepolis hinaus.

Das nächste Glied des Gebirges bildet die Kreideformation, in der Regel ebenfalls harter Kalkstein. Sie zieht von den kurdischen Bergen durch Lúristán, erreicht in den Bákhtíyáríbergen grosse Entwicklung und streicht weiter gegen SO. Blauer Kalkstein, welcher die Unterlage des Kreidekalkes bildet, mag vielleicht einer älteren mesozoischen Gruppe angehören, doch spricht

dies Loftus nur als Vermuthung aus, und spätere Beobachter, wie Blanford, bezweifeln es. An einer einzigen Stelle, mitten in den Bákhtíyáríbergen wurde in grauem Kalkstein eine Orthis von devonischem oder silurischem Alter getroffen. Endlich erscheinen als Unterlage all' dieser Schichten in dem östlichen Theile des Gebirges archaische Schiefergesteine; sie begleiten eine grosse granitische Zone, welche, aus NW. herabstreichend, am Ostrande des Gebirges gegen die Ebene den mächtigsten Stock, den 13.780 Fuss hohen Elwend bildet und von dort ununterbrochen bis in die niedrige Kette von Fárájábad in 32° 15′ nördl. Br. sich erstreckt.

So stellt sich die Reihe der Zágrosketten sammt ihren Fortsetzungen bis Shiraz als ein einseitiges, durch tangentiale Bewegung aus NO. gegen SW. gebildetes System paralleler Falten dar. Am Ostrande ragt der Granit aus Elwend hervor, umgeben von altem Schiefer; gegen West folgen die Falten des Kreide- und Nummuliten-Kalksteines und am Aussenrande gegen die Ebene die aufgerichtete gypsführende Serie.

Die Schichtfolge gleicht ausserordentlich jener, welche wir in Arabien und in Aegypten angetroffen haben. Es besteht in dieser Beziehung nicht jener Gegensatz zwischen dem Zágros und seinem Vorlande, von welchem die Alpen ein so auffallendes Beispiel geben, und man wäre versucht zu sagen, die Ketten des Zágros seien nur ein gefaltetes Stück der Wüstentafel.

Innerhalb der Zágrosketten ragen noch weitere Züge hervor in welchen südöstliches oder ostsüdöstliches Streichen herrscht, und an der Nordseite des hohen Kohrud zwischen Káshán und Isfahán haben Blanford und Tietze Granit angetroffen, während die Südseite aus Kalk besteht.[4]

Es soll jedoch hier nur der Bau des äusseren Saumes Iran's betrachtet werden; dass wir denselben weiter gegen SO. zu verfolgen im Stande sind, ist insbesondere Blanford zu danken, welcher die Küste bis Cap Monze hinab an vielen Stellen besucht, die Randgebirge von Gwádar auf der Reise über Jálk und Bampur gegen Karmán gekreuzt und eine ausführliche Beschreibung der Gebirgszüge an dem rechten Ufer des unteren Indus gegeben hat, welche den südöstlichen Theil des iranischen Randgebirges bilden.[5]

Wir lernen hieraus, dass die Küsten von einer sehr jungen, nur 20—25 F. über den heutigen Strand reichenden Meeresbildung, dem ‚Litoral concrete' umgeben sind, und dass als nächst älteres Glied an der ganzen Südküste von Makrán horizontal gelagerte Meeresbildungen von grosser Mächtigkeit bis gegen Cap Monze sichtbar sind, welche flach über die äusseren Mulden und Sättel des Gebirges hinübergreifen. Diese Ablagerungen bezeichnet Blanford als die Makrángruppe, und es scheint ihnen hier eine ähnliche Stellung zuzukommen, wie der III. oder IV. Mediterranstufe im Mittelmeerbecken; wahrscheinlich sind es dieselben jungen Meeresschichten, welche an der Nordküste des persischen Meerbusens, insbesondere auf der Insel Karak bei Abushahr, erscheinen.

Auf den Inseln der Strasse von Hormuzd und wahrscheinlich auch auf der benachbarten Küste tauchen unter der Makrángruppe buntgefärbte Salzlager mit aufgerichteten Schichten hervor, vermuthlich die Fortsetzung der gypsführenden Gruppe Mesopotamien's.

Landeinwärts folgt nun Nummuliten-Kalkstein, eocäner Mergel und Sandstein, und eine grosse Mächtigkeit von bleichem Hippuritenkalk. Sie ziehen von Shiraz gegen SO., setzen weit und breit die gefalteten Ketten zusammen und reichen in Balúdshistán, in lange, von O. gegen W. gerichtete Parallelzüge gereiht, über Píshín bis Jálk und noch viel weiter. Der Kreidekalk ist stellenweise von Eruptivgesteinen desselben Alters durchsetzt. Gneiss, Glimmerschiefer und Talkschiefer bilden die Unterlage; sie sind bei Saidábad, SW. von Karmán, sichtbar und an dem Rande der grossen Ebene von Narmashír, so dass Blanford vermuthen durfte, es reiche eine einheitliche Zone derselben vom Elwend durch das ganze Gebiet des Zágros und von da bis an die Grenze von Balúdshistán.

Endlich sind jüngere vulcanische Bildungen in beträchtlicher Ausdehnung vorhanden. Sie bilden NO. von den eben erwähnten alten Felsarten von Saidábad das hohe Gebirge bis in die Nähe von Karmán; gegen SO. gehört ihnen der 14.600′ hohe Kúh Házár bei Ráyín an; sie breiten sich zwischen Bam und Bampur aus, und jenseits dieser Vorkommnisse erheben sich die beiden

mächtigen, aber wenig gekannten Kegel Kúh-i-Basmán und Kúh-i-Naushâda.

Bis nach Balúdshistán ist also die Structur und die Gesteinsfolge der iranischen Randketten, so weit sie uns bekannt sind, dieselbe wie im Nordwesten. Allerdings liegen einige Anzeichen, insbesondere in den orographischen Aufzeichnungen von St. John, vor, welche darauf hindeuten, dass an der Strasse von Hormuzd zwei bogenförmig vortretende Systeme äusserer Falten aneinanderschaaren und dass folglich die Gestalt dieses Meerestheiles in dem Verlaufe der Gebirgsfalten und dem Verhältnisse derselben zu dem arabischen Vorlande tief begründet sei; in dem Streichen der inneren Ketten ist aber eine solche Schaarung nicht bekannt. Sie nähern sich mit südöstlichem Streichen den östlich verlaufenden Ketten des Balúdshistán, welche die Verbindung mit dem Faltengebirge von Sind herstellen.[6]

Das Gebirge am unteren Indus, dessen Bau ebenfalls hauptsächlich durch Blanford bekannt geworden ist, beginnt mit dem kurzen, gegen SW. streichenden Zuge, welcher am Cap Monze unter das Meer taucht; von den anderen Zügen nenne ich nur die östlich vortretende Lakikette, deren nördliches Ende bei Sehwán liegt und deren Vorlagen die östliche Beugung des unteren Indus veranlassen, und die lange, mit leichter Krümmung von S. gegen N. aus 26° 15′ bis fast 28° nördl. Br. verlaufende Khirtharkette. Es sind dies einfache Falten von mässiger Höhe, und nirgends sind ältere als cretacische Gesteine bekannt. Noch in der Lakikette, gleichsam im Angesichte der alten Tafel der indischen Halbinsel, tritt der weisse Hippuritenkalk unter den nummulitenführenden Schichten hervor; in dem südöstlichen Theile dieser Höhenzüge erscheinen bereits die äussersten Ausläufer der Basalte des Dekkan; sie haben an der Faltung theilgenommen. Schichten der mittleren Tertiärzeit, namentlich die marine Gájgruppe und die nicht marine, den durch ihren Reichthum an Säugthierresten bekannten Siwalik's des Himalayarandes entsprechende Manchargruppe sind auch gefaltet und bilden einen guten Theil dieser Höhenzüge; aber die noch jüngere, flach gelagerte, marine Makrángruppe reicht nicht bis Cap Monze und ist im Industhale nicht bekannt.[7]

Auch in dem westlichen Theile dieser Züge, in der etwa 380 Kilom. langen Strecke von Quetta bis Kelát und bis Gwujjuck im Mushkathale in Makrán hat Cook keine älteren als cretacische Ablagerungen getroffen; das Eocän steht hier in Verbindung oder ruht unmittelbar auf Serpentin und auf dioritischen Felsarten, deren Aehnlichkeit mit jenen des südlichen Arabien Carter betont.[8]

Durch das südwestliche Streichen des Cap Monze, dann durch das östliche Vortreten der Laki- und die nördliche Richtung der Khirtharkette erhält das Gebirge am unteren Indus eine verlängert S-förmige Anordnung. Nördlich vom Khirthar tritt die weit mächtigere Sulimánkette wieder westwärts vor, aber die Zusammensetzung ist dieselbe.

Griesbach ist über den Bolanpass und Kandahar bis Girishk am Halmand vorgedrungen und hat dabei eine grössere Anzahl gegen SW. ziehender Ketten gekreuzt, aber auch auf dieser Strecke wurden keine älteren als cretacische und eocäne Ablagerungen angetroffen. Die cretacischen Kalksteine sind, namentlich in der Nähe von Kandahar, von cretacischen Eruptivgesteinen durchbrochen; das Eocän ist in einzelnen Zügen von Flysch begleitet, die mitteltertiäre Gájgruppe nicht gefaltet, doch discordant gegen die Unterlage, bis in das Pishinthal W. von Quetta. Griesbach betrachtet denn auch die afghanischen Kreidekalk- und Flyschberge als einen Theil jenes weiten Gebietes von ähnlicher Schichtfolge, das vom Karst, der Herzegowina und Griechenland über Syrien und Persien bis an den Indus sich erstreckt.[9]

Alle äusseren Falten vom Meere nordwärts bis 30° 30′ hat Blanford untersucht; die ältesten Ablagerungen gehören durchwegs der Kreideformation an;[10] endlich hat Griesbach im Norden den 11.300 Fuss hohen Takht-i-Sulimán erstiegen, den höchsten Gipfel der Sulimánkette, und auch hier kein älteres als cretacisches Gestein getroffen.[11]

Die bisher über die Beschaffenheit des iranischen Randgebirges gesammelten Beobachtungen liefern demnach ein sehr bestimmtes, übereinstimmendes Ergebniss. Wir sehen, dass von unserem Ausgangspunkte Jezíreh-ibn-Omár oberhalb Mossul am Tigris bis zur Annäherung an den Hindu Kush bei Tank, unweit

von dem am Indus gelegenen Dera-Ismail-Khán, dieses Randgebirge das Hochland in solcher Weise umschliesst, dass nur ein geringer Theil des Abflusses der Hochfläche zum Meere gelangt, dass ferner vielleicht die äusseren Falten in der Strasse von Hormuzd eine besondere Schaarung bilden, die inneren Falten jedoch vom oberen Tigris bis nach Balúdshistán und von da mit gewendetem Streichen bis zum Takht-i-Sulimán sich fortsetzen, und dass in diesem grossen System bogenförmiger Falten von W. bis O. Hippuritenkalk, Flysch, Nummulitenkalk und miocäne Schichten die herrschenden Felsarten sind. Die mittleren und tieferen Theile der mesozoischen Schichtenreihe sind an keiner Stelle nachgewiesen; nur paläozoische Schichten erscheinen da und dort, in der Regel aber besteht die Unterlage, wo sie überhaupt sichtbar ist, aus Gneiss und altem Schiefergestein. Hiezu treten cretacische, tertiäre und noch jüngere Eruptivgesteine.

Nur an der Küste von Makrán und im persischen Golf ist die Anlagerung junger horizontaler Meeresschichten bekannt. In allen anderen Theilen des Randgebirges haben auch die jüngsten sichtbaren Tertiärablagerungen Faltung erlitten.

In W. liegt vor dem iranischen Bogen das arabische Vorland mit ziemlich derselben Schichtfolge; in O. breitet sich dagegen vor demselben die gänzlich verschiedene, durch die lange Serie altmesozoischer Sandsteine ausgezeichnete Tafel der ostindischen Halbinsel aus, und eben so verschieden ist auch die Schichtfolge in den anschaarenden Ketten des Hindu Kush.

Das ausserordentliche Ausmaass tangentialer Bewegung erhält aber, wie Blanford hervorhebt, dadurch den schärfsten Ausdruck, dass der beinahe 240 Kilom. lange Weg von Gwádar nach Jálk in Balúdshistán nur verticale oder fast verticale Schichten von anscheinend tertiärem Alter durchquert.[1]

Die Salzkette. Eine gemeinsame Zone von gefalteten tertiären Ablagerungen umsäumt alle die grossen indischen Bogen. Der Aussenrand des Hindu Kush ist jedoch von jenem der übrigen Bogen, sowie aller anderen mir bekannten Gebirge dadurch ausgezeichnet, dass an seinem äussersten Saume in steiler, vielfach gebrochener Stufe noch die ältere Unterlage der tertiären

Vorketten sichtbar wird. Diese Stufe, an welche unmittelbar das flache Schwemmland des Punjab tritt, ist die Salzkette.

Die Seehöhe dieses Schwemmlandes beträgt beiläufig 750 Fuss, die mittlere Höhe der Stufe über derselben etwas über 2000 Fuss; der höchste Punkt der Salzkette, der Sakesar, erreicht die Seehöhe von 5010 Fuss. Diese Stufe, welche an vielen Stellen einer gebrochenen Anticlinale gleicht, ist jedoch durchaus nicht gerade, sondern gegen Kálabágh, wo der Indus hervortritt, so tief ausgebuchtet, dass das höhere Land, welches durch die Stufe abgegrenzt wird, in zwei Platten zertheilt ist, nämlich die 1000 bis 1500 Fuss hohe Ebene von Bannú und die weit grössere, beiläufig ebenso hohe Ebene von Ráwalpindi oder des Potwár. Wynne hat den Bau der Salzkette ausführlich geschildert; Waagen hat das Alter der einzelnen Glieder festgestellt.[13]

Die tiefsten sichtbaren Ablagerungen sind salzführende Schichten und rother Sandstein; über denselben folgt Kalkstein mit Productus und grossem Reichthum an organischen Resten, welcher in den bisherigen Darstellungen dem Kohlenkalke gleichgestellt ist; er ist von ceratitenführenden Bänken überlagert, welche der Trias zugezählt werden; in einem höheren Horizonte liegen Fossilien des mittleren Jura, dann schwarzer Schiefer, ähnlich dem jurassischen Spiti-Schiefer des Hochgebirges, hierauf Grünsand mit Neocom-Versteinerungen, dann endlich das Eocän und die mächtige Reihe tertiärer Ablagerungen. Mehrere dieser Glieder zeigen entschiedene Aehnlichkeit mit den Vorkommnissen des Himalaya und Waagen betrachtet die gesammte Serie als den Ausdruck des Ueberganges aus der Schichtfolge bei Kachh in die Schichtfolge des Hochgebirges.[14]

Die Störungen sind ausserordentlich gross; das Streichen der einzelnen Stücke, welche zusammen die beiden Bogen der Salzkette ausmachen, wechselt rasch und ist an einigen Stellen S-förmig gebogen; endlich bringt die Auslaugung der Salzschichten an dem Fusse der grossen Stufe beträchtliche locale Absenkungen hervor. Im W. läuft zuerst eine tertiäre Kette gegen SO.; ihr kommt eine zweite entgegen, welche gegen SW. streicht; wo beide zusammentreffen, an der südlichen Ecke, ist die Masse des Makdúm Gúnd oder Scheik Budín (4516 Fuss) hervorgepresst,

in welcher durch eine südwärts überschlagene Falte eine grosse jungtertiäre Scholle vom Jura umschlossen wird. Die gegen SW. laufende Falte ist ostwärts von einem parallelen Rücken begleitet, welcher nach O. die ältere Schichtreihe entblösst; dann biegt sie sich S-förmig um; der convexe Rand wird concav und zeigt an diesem die älteren Schichten. So wird Kálabágh erreicht, wo der zweite, das Potwár umfassende Bogen beginnt; die grossen horizontalen Verschiebungen und Brüche an dieser Stelle zeigt Fig. 45. Dieser zweite Bogen erreicht im O. bei Jalalpúr den Jhelum und setzt sich noch in der ganz unregelmässigen, ebenfalls S-förmig gebogenen Tillakette nordwärts fort (Taf. IV).

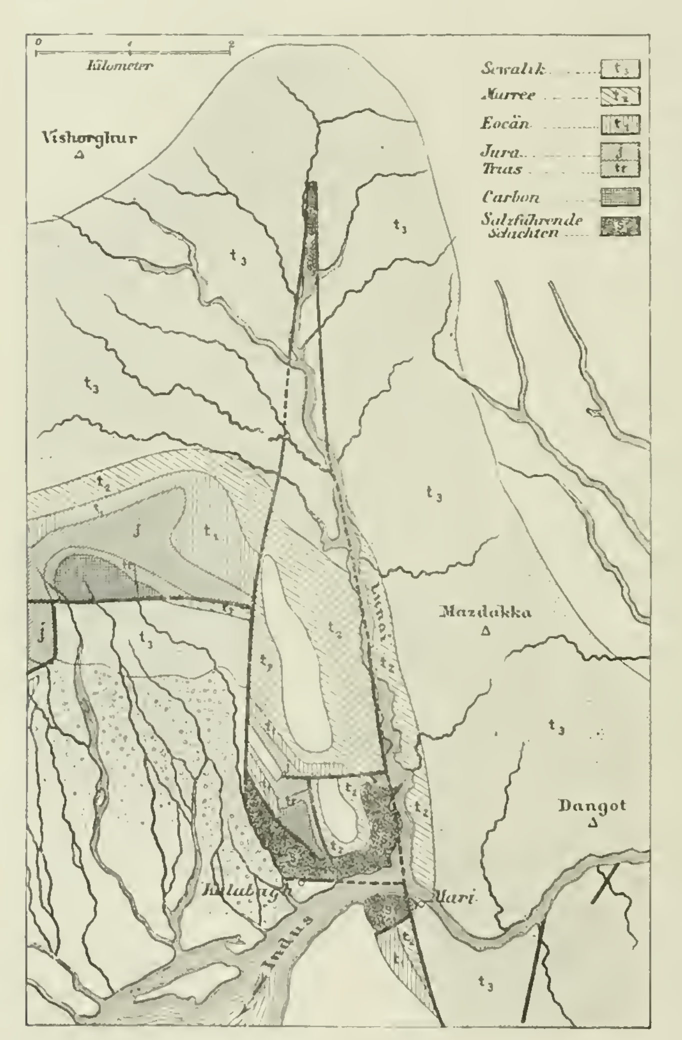


Fig. 45. Die Salzkette bei Kálabágh (nach Wynne).[15]

So zeigt dieses kurze, zwischen die Sulimánkette und den Himalaya eingeklemmte Randstück das höchste Ausmaass und die höchste Mannigfaltigkeit der Störungen.

Die tertiären Vorketten. In den westlichen Alpen trennt eine sehr scharfe Linie das Molassenland von den weiter nach Innen liegenden Falten. Es beginnt dasselbe mit der unteren

Süsswasser-Molasse; die Grenze ist nach Aussen überbogen, so dass die Molasse gegen die Alpen sich neigt; dann erhebt sie sich vor dieser Grenze zu einer, wohl auch zu zwei Anticlinalen und flacht endlich gegen die Ebene aus. Zu wiederholten Malen ist von zuverlässigen Beobachtern betont worden, dass die Einschaltungen von Conglomeraten in die Molasse an den Mündungen der heutigen Querthäler erscheinen, und es wurde hieraus gefolgert, dass diese Thäler bereits vor einem guten Theile der Tertiärzeit, daher auch vor der Aufwölbung dieser Anticlinalen und der Ueberbeugung der Grenze bestanden haben.

In den Ostalpen sind zwei scharfe Grenzen dieser Art vorhanden. Die erste, ebenfalls nach Aussen überbogen, wo immer sie näher beobachtet wurde, trennt die grosse Flyschzone von den inneren Falten. Das Flyschgebirge umfasst cretacische und tertiäre Gesteine, und an der Canisflue in Vorarlberg tritt die jurassische Unterlage in steiler Falte hervor. Die zweite scharfe Linie grenzt den Flysch gegen das vorliegende jüngere Tertiärland ab, aber bei der leichten Zerstörbarkeit des letzteren prägt sich diese Grenze an dem grössten Theile des Nordrandes der Alpen nur in der geschlossenen Curve des äusseren Abhanges aus.

In den Karpathen sind die Verhältnisse ähnlich wie in den Alpen. Die innere Linie fehlt, aber in den Klippenzügen tritt die Unterlage hervor, wie an der Canisflue, und die äussere Linie ist es, welche das gefaltete Salzgebirge abtrennt vom Flysch. —

Eine ähnliche scharfe Grenzlinie findet sich in den südlichen Ketten des Hindu Kush und sie wiederholt sich im Himalaya. Eine gemeinsame, bald breite, bald schmale tertiäre Zone wird durch dieselbe von dem höheren Gebirge abgetrennt. Diese Zone umgibt, allenthalben nach Innen scharf abgegrenzt, die genannten Gebirgssysteme. Ihr ältestes Glied ist der Nummulitenkalk, welcher allerdings auch innerhalb der inneren Falten vorhanden ist. Alle die betheiligten Stufen der Tertiärformation sind schon in den Ketten von Sind, also dem ost-iranischen Randgebirge, vorhanden und nehmen dort beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Höhen, aber es fehlt die scharfe Abgrenzung gegen Innen.

Die Grenzlinie der tertiären Zone gegen die Ketten des Hindu Kush läuft erst von W. gegen O., südlich von den Afridibergen,

zeigt am Indus eine leichte Ausbuchtung, welche vielleicht der grossen Bucht der Salzkette bei Kálabágh entspricht, und wendet sich dann nördlich von Ráwalpindi gegen NO. (Taf. IV), endlich fast rein gegen N. zu der Schaarung in der Nähe des Jhelum bei Muzafirabad. Südlich von dieser Grenze bildet das Tertiärland die schon genannten Hochflächen von Bannú und des Potwár, welche gegen S. an der Salzkette endigen.

Im Himalaya verläuft die Grenzlinie mit einem regelmässigen, nur in der Nähe des Sutlej etwas gegen die Ebene vortretenden Bogen aus der Gegend von Muzafirabad weithin bis gegen den Brahmaputra. Die tertiäre Zone des Hindu Kush tritt über den Jhelum und setzt sich unmittelbar in jene des Himalaya fort. Diese ist anfangs von ziemlicher Breite, wird, wo in der Nähe des Sutlej die Grenze des alten Gebirges vortritt, plötzlich viel schmaler, bleibt nun durch eine lange Strecke schmal, verschwindet sogar in Bhútan für ein kurzes Stück des Gebirgsrandes ganz, erscheint wieder, ist im Thale des Brahmaputra gut entwickelt, kreuzt dasselbe oberhalb der Berge von Assam und setzt sich nun in die Tertiärzone der burmanischen Ketten unter scharfer Beugung des Streichens fort. Nun zieht dieselbe gegen SW. und endlich nach S., so dass sie in ziemlicher Breite an den Südrand des Plateaus von Shillong reicht und zugleich den westlichen Rand der burmanischen Ketten bis an die Küste von Arrakan begleitet. In den burmanischen Ketten treten allerdings dieselben Tertiärablagerungen auch in die Zusammensetzung der inneren Ketten ein.

Der Nummulitenkalk ist im ganzen Gebiete des Hindu Kush vorhanden und reicht nach Medlicott, welcher die Vorketten des Himalaya auf eine höchst lehrreiche Weise dargestellt hat, in einzelnen Aufbrüchen bis an die genannte Verengung in der Nähe des Sutlej. Von da an fehlt derselbe und nur die jüngeren Schichten begleiten das Gebirge, bis weit im Osten auch der Nummuliten-Kalkstein wieder erscheint.[16] Alle Tertiärschichten des Hindu Kush und des westlichen und mittleren Himalaya über dem Nummulitenkalke sind ausserhalb des Meeres gebildet.

Die marine Gájgruppe, nicht unähnlich dem Auftreten der Meeresmolasse zwischen der unteren und der oberen Süsswasser-

Molasse der Schweiz, ist nur dem südlichsten Theile der sonst ganz aussermarinen Sandsteinzüge der Ketten vor Sind eingeschaltet, und erst weit im Osten, auf dem Plateau von Shillong und im östlichen Bengalen erscheinen wieder Meeresbildungen von mitteltertiärem Alter.

Die Mächtigkeit der nicht marinen Tertiärschichten über dem Nummulitenkalk ist ausserordentlich gross; sie umschliessen mindestens zwei von einander verschiedene Landbevölkerungen und entsprechen wahrscheinlich dem gesammten Zeitraume von der Eocänzeit bis zur Gegenwart. Manche der jüngeren Ablagerungen, wie die durch ihren Reichthum an Säugthierresten ausgezeichnete Sewalikstufe, gleichen in ihrer Zusammensetzung so sehr dem jüngsten und heute in Fortbildung begriffenen Schwemmlande des Indus und des Ganges, dass man sie geradezu als gefaltete Alluvialmassen des heute noch andauernden Fluss-System's gekennzeichnet hat. Wie in der Schweizer Molasse, so erscheinen nach übereinstimmenden Beobachtungen die eingeschalteten Conglomeratmassen in der Nähe der heutigen Thalmündungen. Lydekker bemerkt sogar, dass Geschiebe aus Felsarten der inneren Ketten auch in den tertiären Schichten nur an den Mündungen jener Hauptthäler angetroffen werden, welche heute tiefer in das Gebirge reichen, und dass die tertiären Conglomerate vor den kürzeren Querthälern nur die Gesteine der näher gelegenen Ketten führen.

Der innere Theil der Tertiärzone neigt sich unter das Hochgebirge in Folge einer von dort her erfolgten seitlichen Bewegung, ganz wie wir dies an dem überschobenen Aussenrande der Schweizer Alpen zu sehen gewohnt sind, und in der tertiären Zone selbst sind lange Störungslinien vorhanden, welche eine offenbare Aehnlichkeit mit der langen Anticlinalfalte der Molasse haben. Hier aber tritt der eigenthümliche Fall ein, dass im Thale des Jhelum zwei Beugungsrichtungen aufeinandertreffen. Die Vergleichung der verdienstlichen Studien von Medlicott in den Subhimalaya's und am Jhelum, von Lydekker an dem innersten Rande der Subhimalaya's bis Muzafirabad und von Wynne auf den vielfach durchfurchten Flächen innerhalb der Salzkette gestatten uns, das gegenseitige Verhalten der beiden Beugungen zu einander zu verfolgen.

Dies ist aber um so wichtiger, als man einigen Grund hat, in diesen Linien den Ausdruck der allgemeinen Bewegungen beider Gebirgssysteme zu sehen.

Wie Taf. IV erkennen lässt, scheinen die äusseren Faltungen des Hindu Kush in Hazára etwas weiter gegen S. vorgedrungen zu sein als die benachbarten Theile des Himalaya. Man möchte darum in dem Tertiärlande am Jhelum ein gewaltiges Schleppen und Vorüberschleifen der schaarenden Gebirgstheile vermuthen; die Beobachtungen zeigen aber nichts Aehnliches.

Die Störungslinien sind Anticlinalen oder Flexuren mit gesenktem äusseren Theile, beide häufig auf lange Strecken hin nach Aussen, d. i. im Himalaya gegen SW., im Hindu Kush gegen SO. überschoben.

Wir beginnen im Gebiete des Himalaya.

Eine lange Synclinale folgt dem äusseren Rande des alten Gebirges, zieht bei Punch vorüber, nähert sich der Stelle, an welcher bei Uri der Jhelum das alte Gebirge verlässt, und scheint vor Muzafirabad auszuflachen.

Ausserhalb dieser Linie treten an mehreren Stellen aus dem Tertiärlande vereinzelte Massen von älterem Kalkstein hervor, welche wir vorläufig mit Lydekker als mesozoisch ansehen. Insbesondere erscheinen zwei mächtige Vorkommnisse dieser Art am Chenáb; die erste, Lápri, erhebt sich zu 9914 Fuss, die zweite, Sangar Marg, ist nur 6676 F. hoch, aber beinahe 50 Kilom. lang. Sangar Marg verräth sich deutlich als der Aufbruch einer grossen, nach auswärts bewegten Falte und setzt sich gegen NW. in ähnlichen Aufbrüchen fort. Das sind wahre Klippen im karpathischen Sinne.

Unterhalb des Sangar Marg kreuzen den Chenáb zwei ausserordentlich lange, parallele Störungslinien.

Die erste Linie beginnt weit im SO., durchquert als ein gegen SW. überschobener Wechsel den Sutlej, erreicht nach einem Laufe von mehr als 300 Kilom. den Chenáb unter dem Sangar Marg und zieht weiter zum Jhelum. Die zweite Linie liegt nahe südlich von dieser und bewegt sich mit derselben zum Jhelum. Dort deuten nach Medlicott's Angabe alle Anzeichen dahin, dass diese beiden Linien, die eine nördlich, die andere südlich vom Berge Narh, sich in scharfer Curve beugen und ohne Unterbrechung aus dem

nordwestlichen Streichen des Himalaya in das südwestliche des Hindu Kush übergehen. Auch südlich davon scheint quer über dem Jhelum ein gemeinschaftliches Bogenfragment vorhanden zu sein.

Die Linien W. vom Jhelum sind nicht so stetig in ihrem Laufe. Eine Anzahl derselben folgt der Richtung des älteren Gebirges, geht dann in die rein westliche Richtung über, bildet in dieser Richtung die zahlreichen parallelen Falten des eocänen Salzgebietes im Districte von Kohát und ist von Wynne bis Thal am Kuramflusse verfolgt worden, wo um den mesozoischen Berg Kadimuk die eocänen Schichten sich scharf gegen N. zu beugen scheinen, wahrscheinlich der Schaarung mit der Sulimánkette entsprechend.[17] Ein anderer Theil dieser Linien wendet sich mehr und mehr gegen SW. Eine derselben streicht unter dem Namen der Bakrálakette in die Salzkette; in ihrem südlichen Theile werden die alten Schichten der Salzkette sichtbar. Die bereits genannte, vielfach geknickte Tillakette am östlichen Ende der Salzkette ist auch wohl nichts Anderes als eine dieser gegen den Jhelum strebenden Linien. Gegen W. tauchen innerhalb der Salzkette andere Linien hervor, welche nach NW. gerichtet, folglich auf die Bakrálalinie senkrecht sind, als würde in diesen Vorbergen und in der Vorstufe der Salzkette eine Interferenz von Hindu Kush- und von Himalaya-Störungen eintreten.

‚Die Anordnung,' sagen Medlicott und Blanford, ‚zeigt auf überzeugende Weise die gleichzeitige Thätigkeit in beiden Störungsrichtungen. In diesem Kampfe um Raum scheint die Richtung der Salzkette die Oberhand behauptet zu haben, denn die Flexuren dieser Richtung dauern in höherem Grade an, indem sie die Linien der Himalaya-Richtung kreuzen'.[18]

Der westliche Himalaya bis zur Mustághkette. Dieses gesammte Gebiet ist von Lydekker in so trefflicher Weise dargestellt worden, dass sein Werk über diesen Gegenstand den bedeutendsten neueren Beiträgen zur Kenntniss der Structur der Hochgebirge beigezählt werden muss.[19] An dasselbe schliesst sich Godwin Austen's neuer Versuch einer Uebersicht des gesammten Himalaya, welcher auf einer so ausserordentlichen Kenntniss der Sachlage beruht, dass er, trotz des wohl allzusehr hervor-

tretenden Bestrebens, sehr lange Linien zu construiren, dennoch die Beherrschung der Menge vereinzelter Erfahrungen wesentlich erleichtert.[20]

Schon die erste innerhalb des Tertiärlandes verlaufende Zone zeigt die Gefahren einer allzu schematischen Auffassung. Während im SO., jenseits vom Sutlej, eine breite Zone minder hoher Berge vor den grossen schneebedeckten Ketten liegt, tritt gegen NW. der Saum des Gebirges etwas mehr gegen das Tertiärland vor, und aus einem Zuge alter, vorherrschend schiefriger Gesteine erheben sich hohe, zackige Kämme von Granit und granitischem Gneiss. Nahe bei Simla ragt nicht weit von dem tertiären Saum der Berg Chor 11.982 Fuss hoch empor; die breite Masse des Dhauladhár ist durch einen schmalen Zug mit dem Pir Panjál etwa so verbunden, wie der Iffinger bei Bozen mit dem Granit von Sterzing; dabei ist Pir Panjál in der Richtung des Streichens sehr verlängert, erreicht an seinem nördlichen Ende im Tatakuti 15.524 Fuss, und weitere kleinere Granitmassen zeigen seine Fortsetzung an. Die Schiefergesteine sind in hohem Grad verändert; es sind Fleckschiefer vorhanden, und es zeigen sich namentlich in den höheren Horizonten zahlreiche Einschaltungen von vulkanischen Producten. Mac Mahon hat aus der Beschaffenheit der granitischen Gesteine des Dhauladhár höchst wahrscheinlich gemacht, dass diese selbst intrusive Massen seien, und so sind die indischen Forscher ganz selbständig für diesen ersten Zug des westlichen Himalaya zu ähnlichen Ergebnissen gelangt, wie sie für den Harz, für den Adamello und manche andere Gebirgstheile auf verschiedenen Wegen und von verschiedenen Beobachtern erlangt worden sind.[21]

Die Richtung dieses ersten Zuges folgt, wie Taf. IV zeigt, auf das Genaueste der Richtung der Störungslinien im tertiären Lande, und zugleich ist der ganze Zug des Pir Panjál gegen aussen, d. i. gegen SW. überstürzt, so dass nördlich wie südlich von dem granitischen Zuge die Neigung der Schichten gegen NO. gerichtet ist. Auch diese tangentiale Bewegung entspricht den Bewegungen des Tertiärlandes, und so treffen wir in diesem ersten Zuge auch den ersten Beweis der Einheit der Bewegung in dem Hochgebirge und in den tertiären Vorketten.

Dieser Zug ist bis nach Khágháu gegen NW. zu verfolgen, also bis nahe an den Meridian von Muzafirabad. —

Der Zone des Pir Panjál folgt gegen Nord mit gleichem Streichen eine Zone von ober-paläozoischen und mesozoischen Ablagerungen, welcher die grosse Mulde von Kashmir angehört. Sie beginnt schon in Chamba mit einer kleinen, vollständig in der Richtung gegen SW. verdrückten Synclinale, und der ganze südliche Theil der grossen Mulde besteht, wie Lydekker insbesondere bei Islamabad zeigt, aus einer langen Reihe gleichmässig gegen SW. überschobener Falten. Mesozoische Schollen begleiten die Ränder der grossen Mulde, bilden wahrscheinlich die ganze Tiefe derselben und setzen sich mit gleichem Streichen an den oberen Kishanganga und in der Richtung von Khághán fort.

Nun gelangen wir an die hohe und bis 80 Kilom. breite Gneissmasse von Zánskár, welche in der Richtung von Kártse mit stumpfem Umrisse endet und noch nahe diesem nordwestlichen Ende im Nun Kun 23.447 Fuss erreicht. Von dieser wird vermuthet, dass sie, über Lahol hinaus fortsetzend, in SO. zum Nanda Debi und noch weiter zur Kette des Gaurisánkar und des Kinchinjunga streiche.

An die nordöstliche Seite des Zánskár schliesst sich jene mächtige, vom paläozoischen Gebirge bis in die Kreideformation reichende Zone versteinerungsreicher Ablagerungen, welche in ihrem langen, gegen NW. gerichteten Laufe einer der stärksten Beweise für den einheitlichen Bau des westlichen Himalaya ist. Strachey hat sie bis zum See Mánasarowar in Tibet verfolgt und sie als den Träger der weiten Hochebene von Hundes erkannt; Stoliczka hat in derselben in Spiti die Gliederung der Formationen durchgeführt und eine Reihe von Gliedern der alpinen Trias nachgewiesen, und Griesbach hat diese Arbeiten vervollständigt, das Arbeitsfeld Strachey's mit jenem von Stoliczka verbunden und die Concordanz aller Glieder bis zur Kreideformation gezeigt.[22]

Dieser grossen Zone sind auch die Abbildungen Taf. I, Schichtfaltung an einem Zweige des Bambadhuragletschers, und Fig. 8, S. 146, Manirangpass, entnommen. Sie hat im Grossen den Bau einer mächtigen Synclinale, welche von untergeordneten Längsfalten und von zahlreichen Brüchen und Ueberschiebungs-

flächen durchsetzt ist. So schliesst sie sich auch an die Masse des Zánskár, trägt in der Mitte der Synclinale, auf dem Pankpopasse, die letzten cretacischen Schollen und weiter in NO. nach Lydekker



Fig. 46. Ansicht des Silakank nach Griesbach.

1 Gneiss, Hornblendgesteine, Granit. — *2* Conglomerate und Quarzit. — *3* Rother kieselreicher Schiefer (Cambrisch). — *4* Korallenkalk (Unter-Silur). — *5* Quarzit u. A. (Ober-Silur). — *6* Blauer Korallenkalk (Unter-Carb.). — *7* Rother Crinoidenkalk und *8* Weisser Quarzit (Ober-Carb.). — *9* Productus-Horizont (Perm.?) — *10* Otocerasschichten und *11* Muschelkalk (untere Trias). — *12* Halobienschichten und *13* Dolomit mit grünem Schiefer, Corbis etc. (obere Trias). — *14* Dolomit und *15* Kössener Schichten und Lithodendronkalk (Rhätisch).

(Auf dem jenseitigen, nördlichen Abhange folgen in concordanter Auflagerung Lias, die jurassischen Spitischiefer und Kreide.)

auf unersteiglichem Gipfel eine Scholle von eruptivem Gesteine, vielleicht von eocänem Alter.

In der Nähe des Suruflusses scheint sie, nahe dem Ende der Zánskármasse, zu enden, aber Lydekker zeigt, dass bei Kártse

noch vereinzelte Schollen vorhanden sind, und diese stellen die Verbindung her mit einem weiteren mesozoischen Gebiete, welches in keilförmiger Gestalt das Streichen der Zánskármasse fortsetzt (Taf. IV). Dieses besteht anfangs aus einer Anticlinale und zwei Synclinalen, wobei die südliche Synclinale gegen SW. überschoben ist, und beide Mulden vereinigen sich endlich zu einem langen und schmalen Keil, dessen Fortsetzungen in einzelnen Schollen bis an den Südfuss des riesigen Nanga Parbat (26.629 Fuss) verfolgt sind und von dort wahrscheinlich über die britische Grenze nach Chilás fortsetzen.[23]

Diese Anordnung der mesozoischen Gesteine spricht aber sehr dafür, dass in der nördlichen Fortsetzung der Zánskármasse eine regelmässige, wenn auch gegen SW. überschobene und sehr zerrissene Uebermantelung, also eine Verbindung der beiden mesozoischen Zonen von Spiti (Bára láche Godwin-Austen zum grössten Theile) und jener von Kashmir anzunehmen ist.

Die Zone, von welcher ich nun zu sprechen habe, ist von allen die fremdartigste. Einzelne Schollen von eocänen Ablagerungen erscheinen W. vom Surulusse bei Dras, und wo östlich von diesem Flusse die mesozoische Zone ihren grossen Lauf gegen SO. beginnt, schliesst sich an dieselbe eine zusammenhängende Zone von eocänen Ablagerungen und eocänen Eruptivmassen, welche in der Richtung des Indus sehr weit gegen SO. reicht. Ihre Richtung ist etwas mehr gegen Ost gerichtet, als jene des mesozoischen Gebietes, so zwar, dass ein keilförmiges Stück alter Felsarten, welches gegen S. an Breite zunimmt, zwischen beide trennend eintritt; dieses keilförmige Stück umschliesst in Rupshu den Tso Moríri und bedeutet den Beginn einer neuen Zone grosser Gneissmassen.

Durch diese keilförmige Einschaltung wird es klar, dass die eocäne Zone ein von dem mesozoischen Gebiete vollständig geschiedenes Gebilde ist, und dass beträchtliche tektonische Veränderungen der Eocänzeit vorangegangen sein müssen. Durch mehr als 300 Kilom. ist diese alttertiäre Zone bereits verfolgt, ihre Länge gegen SO. ist aber jedenfalls noch weit beträchtlicher; der Nordrand zeigt bis gegen Leh die Zeichen normaler Anlagerung an den Gneiss von Ladák, der Südrand dagegen ist Bruch; weiter

gegen SO. ist die Structur durch Seitendruck verwickelt. Die Eruptivgesteine gehören nur der Südseite an. Die nummulitenführenden Ablagerungen erheben sich zu sehr bedeutenden Höhen; der Kanri oder Stok, S. von Leh, erreicht 21.000 Fuss und überragt weithin die südlichen Berge. Welche Veränderungen setzt diese Zone im Innern des Himalaya, weit nördlich von der Streichungslinie des Nanda Debi, voraus, wie gross ist der Gegenstand mit welchem wir uns beschäftigen, und wie klein sind die Auffassungen, mit welchen man sich demselben zu nähern gewohnt ist!

Der eocänen Zone folgt das breite Gneiss- und Granitgebiet von Ladák, welches, von vielen untergeordneten Einfaltungen paläozoischer Gesteine begleitet, über das Plateau von Deosai gegen Rondu und Gilgit streicht.

Mesozoische Schollen beginnen wieder in Braldu sich zu zeigen. Körniger Kalkstein, wie er z. B. von Lydekker am Fusse des Masherbrum (25.676 Fuss) erwähnt wird, mag wohl nach den Erfahrungen, welche aus den Alpen vorliegen, als Vertreter solcher Zonen angesehen werden. Ein zusammenhängender, stellenweise petrefactenführender Zug von carbonischen und mesozoischen Gesteinen wurde von Godwin-Austen bei Shigar in Baltistan aufgefunden; dieser streicht zuerst O. und NO, beugt sich aber nach Lydekker's Beobachtungen bald in das normale NW.-Streichen des Himalaya um und erstreckt sich in dieser Richtung östlich von Askole als eine gegen SW. überschobene Einfaltung, vielfach durch Druck verändert, unter dem Biafogletscher gegen NW. und höchst wahrscheinlich noch weiter unter die Eisfelder, welche nach Hunza und Nagar abdachen.[24]

So sind wir an der Nordgrenze der britischen Besitzungen angelangt. Südwestlich von dem mesozoischen Streifen von Baltistan liegen Haramosh (24.285 Fuss), Raki Poshi (25.561 Fuss) und andere aus Gneiss und Granit bestehende Riesen, welche demnach der Zone von Ladák zugezählt werden; nördlich von diesem Streifen folgt einer der mächtigsten Gebirgszüge der Erde, der Mustágh. Auch dieser besteht aus Gneiss und Granit; Masherbrum, Gusherbrum (26.378 Fuss), vor allen anderen der zweithöchste Berg der Erde, der anonyme, zweigehörnte K_2 der britischen Landesaufnahme (28.265 Fuss) gehören demselben an. Das

Streichen derselben ist ebenfalls NW., und die eben erwähnte Ueberschiebung bei Askole zeigt an, dass bis hieher dieselbe tangentiale Bewegung herrscht wie in den tertiären Bergen des südlichen Randes.

Kárákoram und westlicher Kuen-lun. Alle bisher besprochenen Zonen des Himalaya streichen gleichförmig gegen NW. oder NNW., und an vielen Stellen ist Ueberfaltung gegen SW. sichtbar. Der mesozoische Zug, welcher im Nordwesten der grossen Zánskármasse keilförmig sich verschmälerte und unter dem Fusse des Nanga Parbat nur in einzelnen Schollen seine Fortsetzung fand, setzt sich, wie wir sahen, jenseits des Suru weit gegen SO. fort; auf dem Plateau von Hundes, in Tibet, rücken die N. und S. von demselben liegenden Gneissketten mehr und mehr auseinander, aber die auf dieser Zone bemerkbare Divergenz der grossen Gneisszüge ist nur gering im Verhältnisse zu den Erscheinungen im Norden.

Ein keilförmig beginnendes Kalkgebirge nimmt N. vom Mustágh gegen O. so rasch an Breite zu, dass die nächstfolgende Linie älterer Felsarten, der Kuen-lun, mehr und mehr von der Richtung des Himalaya abweichend, sich der östlichen Richtung nähert. Es breitet sich ostwärts aus und bildet endlich ein weites Kalkplateau zwischen dem Himalaya und dem Kuen-lun. Diesem Kalksteingebiete gehört der oftgenannte Kárákoram an.

Wir beginnen im Osten.

Der Südrand des grossen Kalkgebirges liegt in Chángchenmo, einem Seitenthale des oberen Sháyok. An seiner Nordseite erheben sich bei Gogra graue Kalksteinwände mit Dicerocardium und Megalodon; dieser Kalk ist auf Anticlinalen von Kohlenkalk unterbrochen; sobald der nördliche Bergzug erstiegen ist, überblickt man die weite Hochfläche.

Das Hochplateau ist fast ganz unbewohnt. Nur dieser nördlich vom Chángchenmothale liegende westlichste Theil desselben ist je von einem Europäer betreten worden. Adolf Schlagintweit war der Erste, welcher dieses Hochland kreuzte; er wurde in Kashgar getödtet. Seither haben englische Forscher es durchreist, aber es ist der 80.° östl. L. kaum erreicht worden. Eine sehr

anschauliche Schilderung hat Drew entworfen. Hienach erreicht man, von S. kommend, zuerst die weite Ebene Lingzíthang (17.000 Fuss), hierauf den Bergzug Lokzhung (bis 21.000 Fuss), dann die Kuen-lun-Ebene (16.000 Fuss), endlich den Kuen-lun, welcher die nördliche Umsäumung bildet und in die Ebene von Khotan (4000 Fuss) abdacht.[25]

Lingzíthang ist ein weiter, horizontaler Seeboden, bedeckt mit weissem Thon, in welchem ein zweiter, nur etwa 20 Fuss tieferer Seeboden liegt; Spuren von Wasserpflanzen sind in dem Thon enthalten; Strandlinien erheben sich an den Abhängen der Lokzhungberge mindestens 150 Fuss über die Ebene; grosse Salzlachen sind auf ihr ausgestreut.

Die Lokzhungberge nehmen gegen O. an Höhe ab; sie bestehen aus parallelen Zügen, welche WNW., also dem Hauptzuge des Kuen-lun beiläufig parallel streichen. Drew unterscheidet in denselben einen grauen Crinoidenkalk mit steil aufgerichteten Schichten, welchem discordant eisenschüssiger Sandstein und Hippuritenkalk folgt; auch der letztere zeigt häufig steile Schichtstellung.

Die Kuen-lun-Ebene ist mannigfaltiger als Lingzíthang und besteht aus einer grösseren Anzahl kleinerer Seeboden; über sie ragt etwa 4000 Fuss hoch die Kammlinie des Kuen-lun empor, welcher an dem Abflusse des östlichen Karakash zuerst aus einer Vorlage von Schiefer, dann aus Granit besteht. Die Entfernung seines Fusses von Chángchenmo mag etwa 170 Kilom. betragen.

Die westlich folgenden Gebirgsgegenden hat F. Stoliczka auf drei Linien durchzogen, welche in annähernd radialer Richtung von der Tiefe des Tarymbeckens aus die Ketten queren.[26] Die erste dieser Linien läuft von Sanju (W. von Khotan) über Sháhidula und den westlichsten Theil von Lingzíthang nach Chángchenmo; die zweite geht von Kárghalik über den Yangi Dawan, dann gegen SO., die vorhergehende Linie in Aktágh berührend, dann südwärts über den Kárákorampass und die Hochebene Dipsang; die dritte wendet sich gegen SW. und führt von Yangihissár über Chehil Gombaz, Chichiklik und Tashkurghán gegen Ak Tásh im östlichen Theile des Pámir. Die erste Linie wurde von S. gegen N., die zweite von N. gegen S. und die dritte nach

beiden Richtungen zurückgelegt; ich werde versuchen, sie alle von Norden aus zu besprechen.

Die beiden ersten Linien durchschneiden den Kuen-lun und das südlich folgende Kalkgebirge, die dritte, in den Pámir dringende Linie trifft aber dieselben Gesteine mit etwas geändertem Streichen an, ein Umstand, welchen Stoliczka ausdrücklich und zu wiederholten Malen hervorgehoben hat, und aus welchem sich die merkwürdige Thatsache ergibt, dass der Kuen-lun selbst, gegen NNW. abschwenkend, jenes grosse Gebirge bildet, welches sich westlich über Yárkand und Kashgar erhebt und in der Regel als Kizilyárt bezeichnet wird. —

Zuerst trifft man bei Sánju (6070 Fuss) gegen den Rand der Niederung rothen cretacischen Sandstein und chloritischen Mergel mit Gryphaea vesiculosa, discordant dem steil gestellten, älteren Schiefer angelehnt. Oberhalb Sánju zieht eine Zone von Kohlenkalk durch, dann folgen alte Schiefer, zum Theile chloritisch, zum Theile echte Glimmerschiefer, welchen bei Tám eine paläozoische Scholle eingesenkt zu sein scheint; granatführender Glimmerschiefer bildet die Höhe des Sánjupasses (16.650 Fuss); hierauf werden in der Tiefe des Karakash die häufig syenitischen Gneissmassen erreicht, welche die Hauptlinie des Kuen-lun bilden. Aus ihnen besteht die Umgebung von Sháhidula. Nun folgen abermals Schiefer, zum grossen Theile gewiss von paläozoischem Alter, welche den Pass Suget (17.618 Fuss) und alles Hochland bis in die Gegend von Kizil-Jilga W. von Thaldat, folglich die ganze Gegend W. von der Kuen-lun-Hochebene bilden, und hier erst, bei dem Lagerplatze Shing-lung (auch Dong-lung) erscheint Kalkstein mit Megalodon triqueter. Dieser Punkt entspricht der Fortsetzung von Drew's Lokzhungbergen, und von hier reicht der mesozoische Kalkstein bis Gogra in Chángchenmo.

Die zweite Linie trifft südlich von Kárghalik eine breite Zone sehr junger Bildungen, dann grauen Dolomit und Kalk, Schiefer und Grünstein, dann jenseits von Chiklik die Schieferserie des Sánjupasses. Nördlich vom Yángipasse tritt der Gneiss hervor. Den Pass selbst und die ganze Strecke bis Aktágh bilden die auf der östlichen Linie erwähnten Schiefer, hier von Grünstein begleitet, und etwas S. von Aktágh beginnt Kohlenkalk. Dieser ist

südwärts überbogen, so dass er mit steilem Nordfallen ammonitenreichen Triaskalk überlagert. Der mesozoische Kalkstein hält nun an, und die Höhe des Kárákoram bildet Lias mit Belemniten. Die Dipsang-Hochebene ist höchst wahrscheinlich auch Lias, und die Kalkzone reicht südwärts bis an den Saserpass, welcher dem Streichen der grossen Mustághkette entspricht.

In beiden Profilen erscheint also Gneiss und syenitischer Gneiss nicht auf den Höhen, sondern er streicht N. von den Pässen Suget und Yángi.

Die Reise von Yángihissár in den Pámir wurde früher unternommen als jene über die Pässe Yángi und Kárákoram, die Linie über Sánju kannte jedoch Stoliczka bereits. In den beiden ersten Tagreisen wurden nur junge, zum Theile vielleicht tertiäre Bildungen gekreuzt. Sobald dieselben überschritten sind, wird die Schieferzone von Sánju und Tám der ersten Linie wieder erkannt, welche identisch ist mit jener von Chiklik der zweiten Linie, hier wie bei Chiklik von Grünstein begleitet.[27] Es zeigen sich Spuren des rothen cretacischen Sandstein's von Sánju, und vor Chichiklik wird der Gneiss erreicht; zwischen dem Kokmainákpasse und Tashkurghan zieht noch ein Zug von Glimmer- und Hornblendeschiefer durch. Hierauf beginnt ein zweiter Zug von Gneiss und syenitischem Gneiss, welcher bis Kogashak bei Aktásh südwärts übergebogen oder senkrecht aufgestellt ist gegen einen Zug von paläozoischem Schiefer, dem ein hohes Kalkgebirge folgt.

Wir befinden uns im östlichen Pámir, an dem Oberlaufe des Ak-ssu.[28] Dieser hohe Kalkzug, welcher eine Reihe von Versteinerungen geliefert hat, umschliesst Kohlenkalk und Trias. Stoliczka hat ihn bei Isstyk getroffen; bei Aktásh ist sein Streichen fast rein O., vor Kanshubar beugt es sich gegen SO., bildet die höchsten Theile des Passes Neza-tásh und zieht gegen SO. weiter. Und indem derselbe Beobachter bald darauf N. vom Kárákoram den Nordsaum des Kalkgebirges trifft, schreibt er am 13. Juni 1874 in sein Tagebuch: ‚. . . es ist kein Zweifel, dass dieser Kalkstein sich bis südlich von Aktásh erstreckt.‘

Das Ergebniss ist also folgendes: Ein petrefactenreicher mesozoischer, wohl auch stellenweise den Kohlenkalk umfassender Zug zeigt sich im östlichen Pámir mit fast östlichem Streichen

zwischen Isstyk und Aktásh, wendet sich bald gegen SO., überschreitet den Neza-tásh, nimmt zwischen Mustágh und Kuen-lun im oberen Thale des Yárkandflusses an Breite zu, reicht endlich südwärts bis an den Saser Pass und nach Chángchenmo, umfasst in seiner Mitte Kárákoram, die Hochebene Dipsang, die Lokzhungberge, Lingzíthang und alles Hochland bis an den Kuen-lun, sich wahrscheinlich ostwärts fortsetzend in den Aksai Chin, d. i. die Weisse Wüste, und gegen den Jeshil Kul.

Nördlich von diesem Kalkgebiete wendet der Kuen-lun sein Streichen bogenförmig zu jenem des Kizilyárt und setzt in zwei Gneisszügen bei Chichiklik und südlich von Tashkurghan in jene gegen NNW. streichenden Ketten fort, welche die Niederung des Tarym gegen West umgeben.

Die Uebereinstimmung dieses Ergebnisses mit dem Verlaufe der tertiären Störungslinien ist aber sehr auffallend. Schon von den Ebenen im 33.° an sieht man alle Elemente, aus welchen die Ketten des Himalaya aufgebaut sind, gegen NW. streben, und dann bald in flacherem Bogen gegen die Richtung des Hindu Kush sich umbeugen, bald scharf in eine NNW. Richtung, wie aufgeschleppt, übergehen.

Die Aufbeugung des Kuen-lun gleicht einer Wiederholung der Störungslinien der tertiären Vorketten umsomehr, als auch unweit von Aktásh Stellen vorhanden sind, an welchen der Gneiss südwärts sich überbeugt über den Kalkstein.

Hindu Kush und Pámir. Als der Beginn einer genaueren Kenntniss der südlichen Ketten des Hindu Kush ist die im Jahre 1872 erfolgte Veröffentlichung der Forschungen von Waagen und Wynne an dem M. Sírban, S. von Abbotabad, zu bezeichnen.[29] Aus diesen Arbeiten hat sich nämlich ergeben, dass schon in diesen ersten Ketten die Schichtfolge der nahen Salzkette nicht mehr vorhanden ist, sondern eine Reihe von Ablagerungen auftritt, welche mit den mesozoischen Zonen des Himalaya, also mit jenen von Kashmir und der jenseits des Zánskár gelegenen Zone, insbesondere aber mit dem entfernten Spiti übereinstimmt. Hier tritt bereits jener wohlgeschichtete, graue Kalkstein mit Megalodon und Dicerocardium auf, welchen wir soeben weit im Osten von

Chángchenmo auf die Hochebene W. von Lingzíthang verfolgt haben, und welcher so sehr an die östlichen Alpen erinnert. Es ist die Juraformation nur durch dunkle Schiefermassen vertreten, wie in Spiti, also von dem Jura der Salzkette ganz und gar verschieden, und über unterer Kreide folgt ein höherer cretacischer Kalkstein wie in Chikkim. Diese Uebereinstimmung ist um so auffallender, als der zunächst liegende Zug des Himalaya, Pir Panjál mit dem langen Granitkerne, überhaupt noch keine erkennbaren organischen Reste aus der mesozoischen Zeit geliefert hat. Es kann aber nicht daran gezweifelt werden, dass die heute zerbrochenen und gefalteten mesozoischen Kalkmassen, welche die einzelnen Zonen des Himalaya von Tibet bis zum Kárákoram und bis in den östlichen Pámir bilden, dereinst von einem gemeinsamen Meere abgelagert worden sind, und nun sehen wir, dass dieses Meer auch die südliche Region des heutigen Hindu Kush umfasste.

Den Untersuchungen über M. Sírban sind die weiteren Aufnahmen der südlichen Ketten durch Wynne nachgefolgt, welchen wir Folgendes entnehmen.[30]

Die älteren Gesteine sind von dem jüngeren Tertiärlande von Ráwalpindi durch eine sehr lange, bogenförmige Dislocation scharf abgetrennt, welcher auf längere Strecken untergeordnete Dislocationen parallel laufen. Diese bogenförmige Hauptlinie läuft von Muzafirabad zuerst nach S., wendet sich bei Murree mehr und mehr gegen SW., zieht nördlich von Ráwalpindi, in die westliche Richtung übergehend, hin, und erreicht Kohát. Die Ueberschiebung gegen Aussen ist auf dieser Linie so stark, dass z. B. oberhalb Ráwalpindi die jurassischen Schiefer fast horizontal auf dem Nummulitenkalke liegen. In dem südöstlichen Theile ist es die Margallakette, aus oft wiederholten Zonen von gefalteten mesozoischen und eocänen Gesteinen bestehend, welche diesen äusseren Saum bildet; weiter im Innern herrschen alte Schiefer, und diese sind es auch, welche eine ziemliche Strecke weit unterhalb Muzafirabad an die Schaarung heraustreten und sich mit Seehöhen von 8—9000 Fuss unmittelbar über den Jhelum erheben.

Innerhalb dieser Schieferzone treten Massen von granitischem Gneiss hervor und bilden die hohen Berge zwischen Kunhar

und Indus, und W. vom Indus. Die älteren Schiefer stimmen überein mit jenen des Pir Panjál, und es wird behauptet, dass auch der granitische Gneiss identisch sei mit den Intrusivmassen des Dhauladhár und des Pir Panjál.

Wie dem auch sein mag, ist doch sicher, dass die gesammte Vertheilung der Felsarten und das Streichen derselben bedingt sind durch Linien, welche in vollster Uebereinstimmung stehen mit den Dislocationen des vorliegenden Tertiärlandes, und dass Ueberschiebungen gegen Aussen allenthalben bemerkt werden. So wie O. vom Jhelum die Neigung der Schichten gegen NO., so herrscht W. von demselben die Neigung gegen NW., nämlich gegen das höhere Gebirge. Es ist eben das Drängen nach Vorwärts, welches in allen Theilen des Gebirges zum Ausdrucke gelangt.

In seiner äusseren Gestalt ist dieser Gebirgstheil durch eine Anzahl in denselben versenkter Ebenen ausgezeichnet, wie die Ebene Pakli Dara im NO., welche in die alten Felsarten eingesenkt ist, ähnlich dem Hirschberger Kessel im Riesengebirge, und die grosse, im Streichen des Gebirges gedehnte Ebene von Hazára, vom Indus abgetrennt durch den Schieferzug der Gandgarhberge, welche mehr der Ebene von Laibach in den Ostalpen zu gleichen scheint, als der grossen Synclinale von Sirinagar.

So folgt, wie der Himalaya, auch die erste Reihe der Ketten des Hindu Kush denselben Bewegungen, welche die Dislocationen des Tertiärgebirges veranlasst haben; es ist derselbe Plan und dieselbe Richtung der Störungen, nur ist ihr Ausmaass ein viel bedeutenderes. —

Die Schlucht des Kunhar oberhalb Muzafirabad, in welcher sich die Schaarung vollzieht, ist in alte Schiefer eingeschnitten und von hohen Bergen umgeben, von denen aus Nanga Parbat sichtbar sein soll, welcher schon den Gneissketten von Ladák angehört. Was von 34° 30' gegen N. oder NW. liegt, ist in Bezug auf seine Structur unbekannt. Wir wissen jedoch, dass die hohe Kunarkette, welche Kafiristan gegen Süd begrenzt, in der Richtung gegen NO. oder ONO. verläuft, und dieselbe Richtung verfolgt der grosse Hauptzug des Hindu Kush von Kuh Baba oberhalb Kabul über die Khawakpässe bis zu jener dreifachen Pass-

linie, welche von Chitrál nach Iskashim führt, wo, bei einer Kammhöhe von 16.000 Fuss, auf einem südlichen Ausläufer der Tirach Mir 25.426 Fuss erreicht.[31] Von hier setzt der gewaltige Gebirgszug in unveränderter Richtung fort, bildet das Schneegebirge, welches seinen Nordabhang dem oberen Paendsh zuwendet, sinkt bei dem Passe Baroghil auf 12.000 Fuss herab und erhebt sich wieder, grosse Gletscher südwärts gegen Kunjud herabsendend.

Hiemit sind wir an dem Oberlaufe des Oxus angelangt. Schon im Sommer 1874 schrieb F. Stoliczka seinen Freunden nach Europa: ‚Pámir, das Dach der Welt, ist gar kein Plateau; es sind gedrängte Ketten'; und der Ausdauer und Hingebung russischer Forscher ist es zu danken, dass heute bereits eine Uebersicht gewonnen, und dass der Parallelismus dieser Ketten mit dem Hindu Kush sichergestellt ist. Die entscheidenden Beobachtungen sind den im Jahre 1883 von Iwanow und seinen Genossen ausgeführten Reisen zuzuschreiben, für deren gütige Mittheilung ich hier zu danken habe.[32]

Nach Iwanow sind zu unterscheiden: die Kette von Wachan zwischen dem Wachan Daria und dem Pámirflusse; die Pámir-Hauptkette zwischen den Flüssen Pámir und Alitschur; die Alitschurkette zwischen diesem Flusse und dem Murghab; die Murghabkette, welche sich gegen ONO. bis zum Passe Ulugrabat erstreckt; endlich die Rangkulkette, N. von diesem See, welche im Osten einen Theil der Wasserscheide zwischen Amu und Tarym bildet und sich gegen W. mit dem Karakulzuge verbindet, welcher von Kokuj-bel und Tachtagorum kommt.

Diese Züge erstrecken sich alle fast parallel von WSW. gegen ONO.; im Süden folgt ihnen in gleicher Richtung der Hindu Kush, im Norden die Sa-Alai und Alaikette. Gegen Südwesten verflachen sie; es fehlt aber jener steile gemeinsame Abfall, welcher auf den Karten zwischen dem See Shiwa und der Niederung verzeichnet ist; ein Ausläufer erstreckt sich im Gegentheile bis gegen Rustak, W. von Faisabad, und da Wood ausdrücklich die NO.—SW.-Richtung des hohen Khoja-Mohammed-Gebirges erwähnt, möchte ich auch dieses als eine Fortsetzung der Ketten des Pámir ansehen.[33]

Betrachten wir nun die Ostseite.

Stoliczka hat gezeigt, dass die mesozoische Kalkregion des Kárákoram über den Pass Neza-tásh und Aktásh, aus NW. in flachem Bogen fast bis OW. sich beugend, gegen Issty.. streicht, also das nördliche Ende der Kette von Wachan erreicht. Da Iwanow's Beobachtungen nicht nur auf dem Streichen der Gebirgszüge, sondern auch auf dem Streichen der Felsarten beruhen, ergibt sich hieraus, dass Hindu Kush und mit ihm die Kette von Wachan südlich von dem Eintreffen der Zone von Kárákoram an der Linie der Berührung beider Bogensysteme liegen, und dass der Hauptzug des Hindu Kush mit dem mächtigsten Zuge des westlichen Himalaya, dem Mustágh, im nördlichen Kunjud entweder im Bogen sich vereinigen oder in spitzem Winkel sich treffen muss; das erstere zeigt auch in der That z. B. die Karte der englischen Landesvermessung in der Art der Umfassung von Kunjud und des oberen Gilgit. Hayward sagt sogar ausdrücklich, das Zusammentreffen erfolge am Haupte des Thales von Gilgit, an einer Stelle, genannt Pusht-i-Khar, d. i. der Eselsrücken.[34] Gerade südlich von diesem Gebiete liegt Hunza und Nagar, bis an dessen Grenze unter den Gletschern des Südabhanges des Mustágh Lydekker die Fortsetzungen der Triaszone von Baltistán verfolgt hat.[35] Zwischen diesem Kalkzuge und jenem von Kárákoram—Neza-tásh müssen die Gneissketten des Hindu Kush und des Mustágh sich begegnen.

Anders verhält es sich nördlich von dem Kalkzuge von Aktásh. Hier beugt sich, wie wir sahen, der Kuen-lun in grossem Bogen gegen NNW. und bildet eine lange Kette, welche, anfangs nicht sehr hoch, sich jenseits des Passes Chichiklik rasch erhebt, die 25.500 Fuss hohe Gneissmasse des Tagharma (Mustághata) über dem kleinen Karakul und jenseits desselben eine ungenannte Höhe von 22.500 Fuss und noch eine lange Reihe von hohen Spitzen trägt. Dieser grosse, gegen NNW. gerichtete Zug, gewöhnlich Kizilyárt genannt, ist von einer oder zwei kürzeren Parallelketten begleitet, und wir bezeichnen ihn mit Iwanow als das Gebirge von Kashgar.

Die gegen ONO. streichenden Ketten des Pámir nähern sich ohne Vermittlung den Kashgar'schen NNW.-Ketten oder enden im Angesichte derselben.

Vom Passe Kush-bel, NO. vom Passe Kara Art, blickt Iwanow südwärts in das Thal des nördlichen Ges herab und sieht es auf der rechten Seite begrenzt von schönen Gebirgsausläufern, auf der linken aber von der hohen gezackten Kette Kyrk-ku (Vierzig Spitzen). Das Thal erstreckt sich 70 Kilom. gegen WNW. in NW. Kyrk-ku ist tief herab mit Schnee bedeckt, und Gletscher hängen in jeder Furche fast bis zum Thalboden herab. Das ist die nördliche Fortsetzung des Kashgar'schen Hauptzuges.

Diesem unvermittelten Zusammentreffen der beiden Gebirgsrichtungen ist wohl die Unregelmässigkeit der Wasserscheide zwischen Tarym und Oxus zuzuschreiben, welche diese Region mehrmals durchschneidet.

Uebersicht der grossen Schaarung. Der Linie des Zusammentreffens der Bogen des Himalaya und des Hindu Kush von dem indischen Flachlande her uns nähernd, treffen wir zuerst in der Nähe des Flusses Chenáb auf die Koránaberge, eine Gruppe weit vorgeschobener und völlig vereinzelter Höhen, welche, im Angesichte der ersten Faltungen des Hochgebirges, aus den Felsarten des Tafelgebirges der Halbinsel gebildet sind.

Hierauf folgt gegen West die Salzkette, eine von Störungen durchschnittene Stufe, welche den Untergrund der tertiären Vorketten des Hindu Kush sichtbar werden lässt. Nun erreichen wir in Ost und West die tertiären Vorketten selbst, welche von ausserordentlich langen, dem Saume der beiden Gebirge parallelen Anticlinalen und von Flexuren durchzogen sind, welche auf lange Strecken nach Aussen überschoben sind. Diese Linien begegnen sich in der Nähe des Jhelum, und einzelne von ihnen scheinen ohne Unterbrechung über die Linie der Begegnung von der SO.-Richtung des Himalaya in die SW.-Richtung des Hindu Kush umzubeugen. In Westen scheint einige Interferenz durch das Uebergreifen von Himalaya-Linien zu entstehen.

Der Saum des Hindu Kush wie des Himalaya gegen die tertiären Vorketten ist durch lange Dislocationen bezeichnet, welche ebenfalls Ueberschiebungen gegen Aussen zeigen. Im Hindu Kush tritt der Gebirgsbogen weiter gegen Süd vor als O. vom Jhelum, und unter Muzafirabad kommt sogar die Schieferzone unter den

mesozoischen Sedimenten auf eine grössere Strecke an das rechte Ufer des Jhelum heraus; die folgenden Gneiss- und Granitmassen von Amb treten im Khágan oberhalb Muzafirabad an die Fortsetzungen der ersten Himalayakette. Dies ist der Pir Panjál mit seinem instrusiven granitischen Kerne, ebenfalls nach Aussen überbogen.

Im Westen fehlen Beobachtungen bis an die Hauptkette des Hindu Kush, aber im Osten sieht man alle Zonen des Himalaya, zum grossen Theile gegen SW. überbogen, in gleichem Sinne heraufstreichen zu der Region der Berührung, wie die Dislocationslinien der tertiären Vorketten, so zuerst Pir Panjál, hierauf die mesozoische Zone von Kashmir, die Gneisszone von Zánskár, die mesozoische Zone von Spiti, welche S. vom Nanga Parbat die britische Grenze erreicht, die Gneisszone von Ladák und die mesozoischen Schollen von Baltistán, welche unter den Gletschern des Mustágh gegen Kunjud streichen, endlich die Gneisskette Mustágh.

Nun sehen wir die Hauptkette des Westens, den Hindu Kush, zur Begegnung mit der mächtigsten Kette des Ostens, dem Mustágh, eintreffen, und wie wir früher sagten, muss diese Begegnung in Kunjud stattfinden.

Das gegen Ost so rasch an Breite zunehmende Kalkgebiet Kárákoram—Lingzíthang greift nun von SO. her über Neza-tásh in den östlichen Pámir, abermals den Zusammenhang des Baues andeutend; im Norden aber krümmt sich Kuen-lun erst gegen NW., dann gegen NNW., um die Ketten des Kashgargebirges mit dem mächtigen Tagharma und das Vierzig Spitzen-Gebirge zu bilden.

Im Westen schliesst sich an Hindu Kush nun die lange Reihe der parallelen Pámirketten an, welche ohne Vermittlung an das Kashgar'sche Gebirge treten; dieselbe Richtung verfolgen die Alaiketten, welche dem Tianshan angehören. Die Tianshanketten aber ziehen ohne Ablenkung quer über die Richtung des Kasgharschen Gebirges und mit ihnen hat die grosse Schaarung ihr Ende erreicht. —

Die grossen Gebirgszüge verhalten sich an dieser Schaarung zu einander wie die untergeordneten Dislocationen der tertiären Vorberge. Die erste Dislocation der Vorhügel zeigt sich W. vom Jhelum noch ausserhalb der Salzkette in beiläufig 32° 45′; der

Pass Kush-bel oberhalb des Ges liegt N. vom 39.°; es erstreckt sich die Schaarung durch sechs bis sieben Breitegrade. Im Süden befindet sie sich etwas W. vom 74. Merid. Greenw., im Norden etwas O. von demselben; der Verlauf ist daher Nord etwas in Ost. Sie ist im Süden durch den Jhelum, im Norden auf lange Strecken nicht einmal durch ein Thal bezeichnet. Die mächtigsten Ketten scheinen sich in gemeinsamem Sattel zu vereinigen. Gerade hieraus ergibt sich die grosse Gemeinsamkeit der Bewegungen. Wie zwei flache Lavaströme oder zwei Güsse von Schlacke, neben einander hinfliessend, ihre erstarrenden Wellen schaaren lassen an einer langen Linie, an welcher sich diese Wellen bald vereinigen und bald gegenseitig schleppen, so begegnen sich die Ketten des Himalaya und des Hindu Kush.

Der östliche Himalaya. Durch die ganze ausserordentliche Länge des convexen äusseren Saumes vom 74.° am Jhelum bis zum 94.° östl. L. Greenw. am Brahmaputra und wahrscheinlich noch weiter gegen Osten ist der Saum des Gebirges in der Regel überbogen und widersinnisch, d. i. gegen das Innere der Ketten geneigt.[56] Bei dieser Einheit des wichtigsten Grundzuges der Structur ist die Verschiedenheit um so auffallender, welche in Bezug auf die Beschaffenheit der Ablagerungen zwischen einzelnen Theilen dieses Saumes besteht, und wenn auch die vorliegenden Beobachtungen über denselben noch ausserordentlich lückenhaft sind, bieten sie doch heute schon Ergebnisse von nicht geringem Werthe für die Beurtheilung allgemeiner Fragen.

Vom 74. bis etwa zum 77.° östl. L. reichen die hohen und zackigen Kämme des Pir Panjál und des Dhauladhár, der nach aussen überworfenen Zone von bisher versteinerungslosen Felsarten mit intrusivem Granitkerne. Gegen O. verliert die äussere Zone an Höhe und wird hier von Medlicott und Blanford als die ‚Lower Himalaya's' bezeichnet. In derselben mächtigen Serie bisher versteinerungsleerer Sedimente, welche schon vom Jhelum her als die Krol- und Blaini-Series bezeichnet werden, sind beträchtliche Züge von Kalkstein und Dolomit vorhanden; man hat einen Theil derselben der Trias zugezählt, doch fehlen die Beweise. Bei Simla erreicht diese Serie, in die nördlich folgende Zone ein-

dringend, besondere Breite. Jenseits von Kumaon beginnt eine grosse Lücke in den Beobachtungen. Erst Medlicott's bis an die Ufer des Trisul-Ganga NW. von Kathmándu ausgedehnter Ausflug nach Nepál bringt einiges Licht über den Bau dieses den Europäern sonst verschlossenen Landes. Hier scheinen die Elemente, aus welchen die äusseren Zonen des Hochgebirges zusammengesetzt sind, im Wesentlichen noch dieselben zu sein wie in Kumaon.[37]

Abermals stehen wir vor einer grossen Lücke und erst an der Grenze von Sikkim erreichen wir das Gebiet von F. R. Mallet's Untersuchungen, welche den äusseren Gebirgsrand fast vom 88. bis zum 90.° östl. L. umfassen.[38] Nun ist einige Ausführlichkeit in der Besprechung nöthig.

O. von Darjiling ergiesst sich der Rungit in den Tista und der letztere durchquert dann, von N. gegen S. fliessend, das Gebirge. Dieses Querthal ist in grüne und graue Schiefer (Dáling-Series) eingegraben, welche die Enden zweier grosser Gneissmassen des Kinchinjunga (28.516 engl. Fuss) im Westen und des Dánkia (23.189 Fuss) im Osten von einander scheiden. Darjiling ist nahe dem Rande der westlichen Gneissmasse erbaut. Der Schiefer trennt aber nicht nur beide Gneissmassen, er umgibt auch beide gegen N. und ebenso gegen S., wo der Gneiss sehr nahe gegen die Ebene vortritt, und von allen Seiten neigt sich der Schiefer unter den Gneiss.

Von der Ebene her neigt sich steil gegen NNW. unter diesen den Gneiss unterteufenden Schiefer eine Reihe von Sandstein, splittrigem und kohligem Schiefer, in welcher vor Jahren Hooker die ersten Spuren von Pflanzenresten entdeckte. Es ist in der That ein Theil der Unter-Gondwána- (Damúda-) Schichten der Halbinsel, welcher, unter die Schieferzone und folglich auch unter die beiden Gneissmassen des Kinchinjunga und des Dáling geneigt, an der Zusammensetzung des äusseren Gebirgssaumes durch eine längere Strecke theilnimmt. Auch die vorliegende, hier lückenhafte tertiäre Zone ist, wie allenthalben, gegen das Gebirge geneigt. Die Kalkzüge der Krol-Serie sind verschwunden. —

Die Lagerung von Unter-Gondwána und der Schieferzüge gegen den Gneiss wurde ursprünglich als eine muldenförmige auf-

gefasst; sie entspricht aber der Ueberbeugung, welche fast allenthalben, wo der Gebirgsrand bekannt ist, sich zeigt. Die gleichfalls widersinnische, südwärts gerichtete Neigung des nördlichen Schiefergürtels macht es wahrscheinlich, dass die beiden genannten Gneissmassen einen fächerförmigen Bau haben, d. i. dass die grossen äusseren Gebirgskerne des Himalaya eine ähnliche Structur besitzen wie ein Theil der äusseren Zone der grossen Gebirgskerne der Westalpen, z. B. Montblanc. —

Gegen O. verschwinden die Gondwánaschichten des äusseren Gebirgsrandes wieder; O. vom Joldoka erscheinen Kalkzüge, nicht unähnlich der Krol-Serie des Westens, und am 90.° östl. L. treffen wir auf eine neue Lücke in den Beobachtungen.

Viel weiter gegen O., in 93° 30′ bis 94° östl. L., wo der Dikrangfluss aus den Daflabergen hervortritt, fehlen wieder die Kalkzüge; dafür stellen sich die kohlenführenden Gondwánaschichten wieder ein. Diese merkwürdige Beobachtung ist Godwin-Austen zu verdanken.[39] Die tertiären Vorberge sind in lange, NO. streichende Falten gelegt und erheben sich im Gorusutia mehr als 3000 Fuss über den Brahmaputra, gegen dessen Flachland sie einen weithin sichtbaren Absturz kehren. Innerhalb dieser Falten folgt steil und sehr zerdrückt die kohlenführende Serie, insbesondere in der Sohle des Längenthales des mittleren Dikrang, hierauf sofort Glimmerschiefer, Gneiss und Granit. —

Im Westen und bis Kumaon nehmen also mächtige Kalkzüge theil an dem Baue dieser äusseren Zone des Hochgebirges; ähnlich ist es im mittleren Nepál; in Sikkim verschwindet der Kalk und treten die kohlenführenden Schichten der Halbinsel ein; an der Grenze von Bhutan treten wieder Kalkzüge an ihre Stelle; in den Daflabergen fehlen diese und sind wieder die kohlenführenden Schichten vorhanden. —

Betrachten wir aber das Gebirge nicht nach seiner Länge, sondern in meridionaler Richtung, d. i. in Beziehung zu den südlich vorliegenden Gegenden, so mag man sich die Sachlage wohl folgendermassen vorstellen.

Die höchsten bekannten Gipfel des Himalaya gehören der südlichsten Gneisszone an und diese ist, wenigstens in Sikkim, in ähnlicher Weise durch Schieferzüge in Massif's getheilt, wie der

Gneiss der Schweizer Alpen. An beiden Seiten des Tista ist Fächerstructur anzunehmen. Der südliche Rand der Fächer des Kinchinjunga und des Dánkia bildet zugleich einen Theil des überbogenen Aussenrandes und an dessen Zusammensetzung nehmen hier Unter-Gondwána und jüngere Tertiärschichten Antheil. Aus dem vorliegenden Schwemmlande des Brahmaputra ragen vereinzelte Kuppen von Gneiss hervor und S. vom Flusse erhebt sich, an der Nordseite allerdings nur zu geringen Höhen, der Gneisszug des langen, keilförmigen Shillong-Plateau. Ein Trap-Erguss der Gondwánazeit schmiegt sich im Süden an den Gneiss, die mittlere und obere Kreide liegen flach über beiden, dann folgt noch weiter gegen S. der Nummulitenkalk, endlich fällt die ganze auflagernde sedimentäre Serie gegen S. und SO. nach Art einer grossen Flexur ab. An ihrem Fusse liegen, arg gestört, die jüngeren Tertiärschichten und vor uns stehen die Burmanischen Faltenzüge.

Die Burmanischen Ketten. Es ist eine der ausgedehntesten Reihen von Faltungen, welche ich jetzt kurz zu besprechen die Absicht habe.

Nach den bisher vorliegenden Nachrichten zieht aus dem östlichen Tibet, von den Quellgebieten des Irawadi, des Salwin und des Mekong, eine Anzahl paralleler Gebirgszüge aus WNW. gegen OSO. herab;[40] sie bilden Richthofen's ‚hinterindisches System‘. Ihre Beziehungen zu dem östlichen Ende des Himalaya sind unbekannt; aber während sie sich in der Richtung von Ta-li-fu und Momein fortsetzen, erscheinen westlich vorliegende Züge, welche offenbar derselben Gruppe angehören, unterhalb des Buges des Brahmaputra; sie bilden hier die Nágaberge, die Patkai- und Barailkette oberhalb Kachar und eine lange Reihe anderer Züge, welche erst NO.—SW., dann unter ziemlich rascher Beugung N.—S. streichen; von diesen zieht sich der lange Zug von Arrakan bis Cap Negraïs herab.

In ganz Burmah sieht man ein ausserordentlich stark entwickeltes System von meridionalen Längenthälern, und zugleich zeigt der Verlauf der malayischen Halbinsel und der vorliegenden Inseln, wie sich südwärts allmälig eine grosse und allgemeine Krümmung aus N.—S. gegen NW.—SO. vollzieht. So weit

die geologische Beschaffenheit dieses Gebietes bekannt ist, stimmt sie auch mit diesen aus der Gestalt der Oberfläche erkennbaren Zügen überein, und es lassen sich drei grosse Zonen unterscheiden. Die westliche umfasst die aufgezählten Ketten von den Nagabergen in 27° 30′ bis Gross-Nikobar in 7° nördl. Br., und wie wir bald sehen werden, noch weiter gegen Süd; die mittlere ist das Tiefland des Irawadi und das vorliegende Meer; die östliche Zone umfasst alles Gebirge östlich von den Städten Ava und Mandulay und vom Sittoung und die ganze malayische Halbinsel. Die ältesten Gesteine der westlichen Zone werden der Trias zugezählt; jene der mittleren reichen nicht unter die Tertiärformation herab; die östliche Zone ist aus viel älteren und vorherrschend aus archaischen Felsarten gebildet.

Auch hier ist besondere Aufmerksamkeit dem Baue des äusseren Saumes zuzuwenden.

Mallet hat den Gebirgsrand längs des Brahmaputra von 27° 20′ nördl. Br. bis 26° 30′ untersucht. Derselbe besteht aus einer mitteltertiären, kohlenreichen Serie und einer älteren Serie von versteinerungslosem Schiefer und Quarzit (Disang Group), welche in ähnlicher Weise durch ganz Arrakan hinabzieht (Negraïs Group im S.). Beide Serien sind auf diese ganze Erstreckung widersinnisch, d. i. gegen SO. geneigt, und wenn auch mit Mallet angenommen wird, dass die jüngere kohlenführende Serie durch einen langen Bruch von der älteren Serie abgeschieden sei, so ergibt sich doch aus der widersinnischen Lagerung beider Gebirgsglieder wieder, wie an dem Saume des Himalaya, die ausserordentliche Wirkung der tangentialen Bewegung.[41]

Dieser Saum ist aber von jenem des Himalaya nur durch das Thal des Brahmaputra getrennt, und wir befinden uns vor einem Falle, in welchem zwei Gebirgszüge mit entgegengesetzter tangentialer Bewegung sich einander nähern. Im N. des Brahmaputra neigen sich die Schichten vorherrschend gegen NW., im Süden gegen SO.; zugleich sind in der Streichungsrichtung beider Gebirge die Convexitäten gegen einander und gegen das keilförmige Zwischenstück von Shillong gerichtet. Es ist daher in dieser Region ein voller Antagonismus der tangentialen Bewegung sichtbar.

Nun nähern wir uns dem Shillong-Plateau; die äusseren Burmanischen Bogen werden hier anfangs durch das Thal des Dhansiri von demselben getrennt, welches das NO.-Ende des Plateau's umfliesst, um sich in den Brahmaputra zu ergiessen. Gerade hier ist durch R. D. Oldham die ganze Breite der Gebirgsfalten bis an die grosse Niederung des Irawadi bekannt geworden. Es sind mehrere Parallelzüge vorhanden. Das Mitteltertiär reicht auf denselben zu beträchtlichen Höhen; es erscheinen unter demselben muthmasslich cretacische Schichten, dann die ältere Sandstein- und Schiefergruppe, und gegen den Ostrand, also gegen den Saum der grossen Niederung, zeigt sich ein langer Zug von Serpentin.[42]

Es liegt jüngeres Tertiärland von dem äusseren Abhange der Barailketten bis hinüber zum Shillong-Plateau, und zwar ist in SW., wo die Höhen gegen Kachar auseinanderweichen, zwischen beiden eine horizontal gelagerte Region von Tertiärschichten sichtbar. Sie sind hier sehr mächtig, und schon vor Jahren haben Medlicott und Blanford die Vermuthung ausgesprochen, dass sie aus altem Himalaya-Schutt gebildet seien, und dass erst durch die Verdrückung dieser Sedimente in das Burmanische Streichen, also durch ihre Anfügung an dieses Faltensystem, die Ablenkung des Brahmaputra an die Nordseite des Shillong-Plateau verursacht worden sei.[43]

In sehr regelmässigen Parallelzügen streichen die Lushaiberge gegen S.[44] bis nach Pegu; von diesem Lande hat Theobald eine Aufnahme geliefert, welche trotz vielfacher Unsicherheiten in der Altersbestimmung der Sedimente doch vielfachen Aufschluss gibt.[45]

Wir beschränken uns auch hier vorläufig auf die westliche oder Arrakankette. Es ist nur ein einzelner, langer Faltenzug, welcher aus den nördlichen Ketten bis Cap Negraïs vordringt, und auch dieser sinkt schon in 17° 30′ auf etwa 1400 Fuss, gegen S. aber zu noch geringeren Höhen herab. Es ist eine ältere Serie vorhanden, welche wegen des Vorkommens von Halobia und Cardita der Trias des Himalaya gleichgestellt wird; Kreideformation ist durch das Erscheinen von Schloenb. inflata an dem Westabhange bei Sandoway angedeutet; eine bedeutende Mächtigkeit von versteinerungslosen Bänken von Schiefer, massigem Sand-

stein, auch etwas lithographischem Kalkstein (Negraïs-Series) bildet einen grossen Theil der Kette, dann folgen Nummulitenkalk und jüngere Tertiärschichten.

Der Gebirgszug ist im Allgemeinen ein Sattel; in seiner Axe tritt von der britischen Grenze beiläufig bis zum 19.° herab die Trias hervor, aber gerade hier ist der Sattel gegen O. gebrochen, so dass Nummulitenkalk an die Trias stösst; südwärts verschwindet der Bruch und zugleich die Trias, so dass dann der normal gebaute Sattel bis Cap Negraïs streicht; der südlichste Fels, Pooriam Point, O. von der Mündung des Basseinflusses, besteht aus Nummulitenschichten. Zugleich stellen sich an der Ostküste lange Züge von Serpentin ein, offenbar die Fortsetzungen jenes Serpentinzuges, welcher in 25° 10′ an dem östlichen Rande beginnt. Diese Fortsetzungen liegen etwa zwischen 19° 20′ und 17° 25′. Aber nicht nur der Verlauf der Faltung und die lange Erstreckung dieser Serpentinzüge verräth den Zusammenhang dieser Ketten. Am oberen Dahingflusse in 27° 30′, welcher aus den Nágabergen fliesst, sind Salzquellen und Petroleum bekannt, und solche Vorkommnisse wiederholen sich an mehreren Orten, wie insbesondere auf der Baránga-Insel an der Koleminmündung, dann auf den Inseln Rámri und Cheduba, wo sie von Schlammvulcanen begleitet sind, und bis Negraïs. Sie sind auch an der Ostseite der Kette vorhanden. Bei Menbo am Irawadi (20° nördl. Br.) kennt man einen Schlammvulcan, und zahlreich sind die Salz- und Petroleumquellen bis zum Meere hinab. Zu beiden Seiten des Gebirges scheinen sie den Nummulitenschichten oder dem Mitteltertiär anzugehören.[46]

Die Vereinigung dieser Merkmale, der lange Zug versteinerungsleerer Sandsteine und Schiefer von höchstens cretacischem Alter, die Salzquellen, die Petroleum-Vorkommnisse, die Schlammvulcane und die Serpentine erinnern in so ausserordentlicher Weise an die Karpathen, den Kaukasus und gewisse Theile des Apennin, dass man einen gleichen Gebirgszug trotz des örtlichen Hervortretens der Trias wohl in Europa ein Flyschgebirge nennen würde. Unter den indischen Gebirgen stehen bei aller Verschiedenheit doch die Ketten von Sind demselben zunächst. Es erreicht derselbe aber am Cap Negraïs nicht sein Ende. Alle Beobachter, welche sich seit Rink mit den Inseln des Golfes von Bengalen

beschäftigt haben, stimmen darin überein, dass der Höhenzug von Arrakan durch Preparis und Cocos sich in die Andamanen und in die Nikobaren fortsetze. Es ist dieselbe Richtung des Streichens; es sind dieselben Felsarten, Serpentin hier oft mit Gabbro und Grünstein, dann Sandstein, Schiefer und jüngeres Tertiär, welche in gebrochenen Falten und von Korallenriffen umgeben, diese Inseln bilden.[47]

In Verfolgung dieser westlichen Zone der burmanischen Ketten sind wir nun von 27° 30′ bis 7° nördl. Br. gelangt; wir brechen vorläufig ab, um uns der mittleren Zone zuzuwenden. Unter derselben verstehen wir den ganzen Raum zwischen dem Ostrande der eben besprochenen Kette von Arrakan und dem östlichen Ufer des Sittoung, dann des Panboung, welcher bei Ava in den Irawadi mündet. Es ist aber höchst wahrscheinlich, dass sich dieselbe Zone nordwärts mit wenig veränderter Breite bis weit über die Gegend von Bhamo fortsetzt, und gegen Süd umfasst sie den ganzen Meerestheil zwischen den Andamanen und Nikobaren gegen W. und der malayischen Halbinsel gegen O.

Was zunächst auffällt, ist eine Reihe junger Vulcane.

Aus dem Flachlande des Irawadi erhebt sich nahe dem 21.° nördl. Br., NO. von den Petroleumquellen von Yénán-Khyoung und O. von Pagán, der mächtige vereinzelte Vulcan Puppá doung zu der Seehöhe von etwa 5000 Fuss, während Pagán am Irawadi nur beiläufig 300 Fuss hoch liegt. Blanford hat ihn erstiegen. Der Krater senkt sich wohl 2000 Fuss unter den Rand und dieser ist gegen N. eingebrochen. Asche und Laven breiten sich als eine Decke über das zunächst gelegene Land aus.[48]

Weit südlich davon, S. von Nga-pu-tau am unteren Bassein, in 16° 22′, ragt aus einem Wasserlaufe, der von alttertiären Schichten umgrenzt ist, der ‚Chouk-talon‘ oder ‚einsame Stein‘ hervor, ein kleinerer Trachytfels, welcher einen Gang oder eine untergeordnete Ausbruchsstelle anzeigt.[49]

Die weitere Fortsetzung dieser Linie bilden die bekannten Vulcane von Narkondam (13° 24′) und Barren Island (12° 17′).[50]

Abgesehen nun von diesen Vulcanen besteht die mittlere Zone aus drei Theilen, nämlich aus dem Thale des Irawadi, jenem des Sittoung und dem langen, beide Thäler trennenden Pegu Yomah

Der ganze Pegu Yomah, dessen höchster Theil in 17° 55' 2000 Fuss erreichen soll, besteht nach Theobald aus jüngeren Tertiärschichten, welche in flache Falten gelegt sind und in welche die Flussthäler eingewaschen sind. In der Nähe des Meeres berühren sich die Delta's beider Flüsse, da der Pegu Yomah bei Rangoon endet, aber in dem Maasse, in welchem gegen N. das Flachland der Flüsse schmaler wird, nimmt der tertiäre Höhenzug an Breite zu, bis er etwa vom 10.° an allein die mittlere Zone bildet.

Diese Tertiärablagerungen sind reich an Meeresconchylien; es ist aber ein jüngeres Glied abzutrennen, welches zwar auch noch Haifischzähne als Nachweis der Verbindung mit dem Meere, sonst aber grosse Mengen verkieselter Baumstämme und die Reste einer Landfauna enthält, welche jener der Sewalikberge gleichzustellen ist. Aus Theobald's Darstellung scheint hervorzugehen, dass dieses jüngere Glied den Meeresschichten in tieferem Niveau angelagert ist.

Hieraus lässt sich nun für die Vergangenheit der burmanischen Ketten Folgendes entnehmen.

Die Entstehung dieser trennenden Niederung zwischen der Flyschzone von Arrakan und den alten Felsarten im Osten muss bis in die mittlere Tertiärzeit zurückreichen. Das Meer, welches die Ablagerungen des Pegu Yomah zurückliess, reichte sehr weit gegen N. und war die Fortsetzung des heutigen Golfes von Pegu. Bei sinkendem Strande erfolgten jene fluviatilen und Mündungsbildungen, in welchen die Fauna von Sewalik sichtbar ist, welche im Alter der Landbevölkerung der pontischen Zeit zunächst steht. Bei noch weiterem Sinken wurde endlich der heutige Zustand der Dinge hergestellt. Die ursprünglichen Höhen des Meeres über dem Lande lassen sich aber nicht ermitteln, da Faltung an der Erhöhung des Pegu Yomah theilgenommen hat; Bhamo, am Irawadi, mehr als 8 Breitegrade nördlich von der Mündung des Flusses, liegt nur 430 engl. Fuss über dem Meere.

Es tritt hier Aehnlichkeit mit einem allerdings weit kleineren Gebiete Europa's hervor; man kann nämlich diese mittlere Zone von Burmah mit der inneralpinen Niederung von Wien vergleichen, welche, durch Trümmer und Sporen der Flyschzone unvollständig

abgetrennt von der ausseralpinen Region, zur mitteltertiären Zeit dem Golfe von Pegu ähnlich war.

Die östliche Zone ist weit weniger durchforscht. Man weiss zwar, dass die erste Kette, welche sich östlich über dem Sittoungflusse erhebt, Poungloung Range, aus archaischen Felsarten besteht, aber bei Moulmein am Salwin tritt eine ausgedehnte Masse paläozoischer Ablagerungen auf. Die Kalkfelsen, welche dem obersten Gliede derselben angehören, haben carbonische Versteinerungen geliefert. Es scheint nach Theobald, als würden diese paläozoischen Schichten, die Poungloungkette abtrennend, im Thale des Salwin sehr weit gegen N. fortsetzen und im Süden ihre weitere Fortsetzung in den steilen Kalkfelsen finden, welche den Mergui-Archipel zusammensetzen.[51]

Die archaischen Felsarten, welche in Tenasserim, O. von der paläozoischen Zone von Mergui bekannt sind, bilden die Landenge von Krau, und alle bisher vorliegenden Nachrichten deuten darauf hin, dass auch der ganze Süden der Halbinsel aus Granit, archaischem Schiefer und paläozoischen Ablagerungen gebildet sei. Allerdings fällt jedoch nach Tenison-Woods der Bau des Landes nicht genau mit dem Streichen dieses südlichen Theiles zusammen. Es ist im Gegentheile in Perak eine westliche Gruppe von Parallelketten vorhanden, welche im Staate Keddah beginnt und die Verbreiterung der Halbinsel veranlasst; sie umfasst auch Penang und die Dinging-Inseln, streicht NNO.—SSW. und erhebt sich bis fast 7000 Fuss. Es folgt O. vom Perakflusse eine kürzere Kette mit NS.-Richtung. Oestlich von dieser liegt die Hauptkette.[52] Bei Singapore ist Granit vorhanden in Begleitung anderer Massengesteine und alter Sandstein und Schiefer; das Streichen ist NW.[53]

Sumatra. Das Meer von Pegu, die Fortsetzung der grossen Tertiärbucht des Irawadi, verengt sich gegen Süd; die grosse Insel Sumatra tritt hervor, und die Arbeiten der niederländischen Geologen lassen uns erkennen, wie auf ihr die Gesteine der Nikobaren anschliessen an jene der Halbinsel von Malakka.

In der That lehren die trefflichen Forschungen Verbeek's und seiner Arbeitsgenossen, dass wenig neue Elemente auf Sumatra

hervortreten.[54] Es sind ausgedehnte ältere Schiefermassen vorhanden, jüngerer intrusiver Granit, Schiefer und Kalk der Carbonformation, eine Reihe von Grünstein-Ausbrüchen, insbesondere Diorit und Diabas, eine ziemlich mannigfaltige tertiäre Serie, endlich die mitteltertiären Andesite und die mächtigen jungen Vulcane.

Die ganze Linie der W. vorliegenden Inseln, von Pulo Babi und dem wegen seines Kohlenreichthums öfters erwähnten Pulo Nias durch die Mentawei-Inseln bis Pulo Engano, besteht aus Tertiärland und bildet so eine selbständige, vorliegende Zone. Auf Sumatra selbst, welches allerdings nur in seinem südlichen und mittleren Theile genauer bekannt ist, sind die genannten Gesteine in vielfache Falten gelegt und gestört. Diese Gesteine sind von zwei sehr langen, genau in der Richtung der Insel, d. i. gegen NW. verlaufenden vulcanischen Linien durchzogen. Die erste folgt knapp der westlichen Küste; sie ist von miocänem Alter und durch eine lange Reihe von Andesit-Vorkommnissen bezeichnet. Die zweite Linie ist die Hauptaxe der heutigen Vulcane. Diese erstreckt sich durch die ganze 1117 Kilom. betragende Länge der Insel und ist vom 6.° südl. Br. bis zum 2.° nördl. Br., bis wohin genauere Untersuchungen reichen, mit nicht weniger als zwölf kurzen Querspalten besetzt, welche jenen der centralamerikanischen Vulcanspalte (Fig. 5, S. 122) ähnlich, doch minder regelmässig angeordnet sind. Auf diesem System von Sprüngen kennt man heute bis zum 2.° nördl. Br. 59, oder, wenn man jene der ersten Querspalte hinzuzählt, welche über den Krakatau zum Goeneng Pajoeng an der NW.-Ecke Java's läuft, 66 Vulcane. Unter diesen sind 8 als wirksam bekannt, darunter der vielbesprochene Krakatau, der 3167 M. hohe Dempo, der beiläufig 3600 M. hohe Korintji u. And. Im Norden der Insel sind aber sicher noch mehrere Ausbruchsstellen vorhanden.[55]

Das ist nicht kesselförmiger Einbruch an der Innenseite einer gefalteten Kette, sondern Längenbruch der Kette selbst im grössten Maassstabe. Die ältere, mitteltertiäre Bruchlinie liegt gegen W., also ausserhalb der heutigen Zone der Vulcane, denn beide Linien sind deutlich convex gegen SW., im Sinne des grossen malayischen Bogens. Die jungen Vulcane sitzen auf dem fertigen Falten-

gebirge und der Fuss ihrer Aschenkegel schmiegt sich in seine ausgewaschenen Thäler, ein untrügliches Zeichen der Nothwendigkeit, ihr Erscheinen als eine weit spätere, der Faltung des Gebirges nachfolgende oder doch nur ihre jüngsten Phasen begleitende Erscheinung aufzufassen.

Das Netz von Sprüngen deutet aber dahin, als sollte die ganze Insel zerbrochen werden, wie es wohl ihre Fortsetzungen schon sind. Und wenn wirklich dieser Einbruch sich vollziehen sollte, und diese oder neue Vulcane fortfahren würden, aus der Tiefe des Einbruches ihre Aschenkegel aufzuschütten, so würde endlich an der Stelle des gefalteten Gebirges nichts sichtbar bleiben als eine Anzahl vulcanischer Inseln, wie Barren Island und Narkondam.

Java ist in der That eine Doppelreihe solcher Vulcane, aufgesetzt auf tertiäres Land, etwas Flysch und Serpentin; Jahre sind vergangen, bevor es gelungen ist, auf dieser grossen Insel auch einzelne Spuren der älteren Schiefergesteine von Sumatra wiederzufinden.[56] Noch weiter ist die Zerstörung des grossen bogenförmigen Zuges im Osten gegangen und seine Trümmer reichen über Timor hinaus. Sie im Einzelnen aufzusuchen, ist hier nicht meine Aufgabe. —

Nicht mit Unrecht erinnert Martin, dass die von Wallace nach der Fauna O. von Bali und Borneo gezogene Grenze Asien's und Australien's aus dem geologischen Baue der Inseln nicht zu rechtfertigen sei.[57]

Eben so wenig fällt aber z. B. in den westindischen Inseln die durch die Landconchylien angedeutete Grenze zwischen Anguilla und S. Christoph mit einer geologischen Grenze zusammen. Auch dort zieht die Scheidungslinie quer über Inselketten, welche demselben Gebirgszuge angehören. Das ist eben bezeichnend für Abtrennung durch Einsturz und stimmt überein mit einer älteren Aeusserung von Wallace, nach welcher der malayische Archipel ,die Anzeichen eines weiten Festlandes mit einer besonderen Fauna und Flora bietet, welches n a c h und n a c h und in u n r e g e l m ä s s i g e r Weise zerbrochen worden ist.[58] Unter diesen Umständen und bei der namhaften Tiefe der trennenden Meere fällt aber nur sehr geringes Gewicht auf die ausgedehnten, aber wenig

beträchtlichen neueren Schwankungen der Strandlinie, welche einer anderen Gruppe von Erscheinungen angehören. Es ist dasselbe Ergebniss, zu welchem wir auf anderem Wege im Mittelmeere gelangt sind.

Schluss. Es treten vier grosse Bogen gegen Süd vor, welche wir als den iranischen, jenen des Hindu Kush, des Himalaya und den malayischen Bogen bezeichnet haben. Sie treffen sich im Angesichte des indischen Tafellandes, welches ihnen als eine fremde Masse gegenüber steht und sie trennt. Die Bewegung gegen Süd äussert sich am stärksten an den beiden mittleren Bogen, und zwar durch Ueberschiebung der ganzen Gesteinsfolge, welche dadurch auf langen Zonen in umgestürzter Lagerung erscheint. In den meridionalen Theilen des iranischen Bogens am Indus, sowie in den meridionalen Theilen des malayischen Bogens in Arrakan scheinen sich nur lange sattelförmige Falten ohne Ueberstürzung gebildet zu haben; in dem Thale des Brahmaputra aber, im Angesichte des gegen SO. überfalteten Saumes des Himalaya, erfolgt Ueberfaltung des malayischen Saumes in der entgegengesetzten Richtung, nämlich gegen NW.

So ähnlich nun aber die Anlage und der Verlauf dieser vier Bogen sein mögen, sind doch die durch sie umgrenzten Räume, welche gleichsam ihr Hinterland bilden, nicht ganz gleichartig.

So weit man Iran kennt, zeigt es dieselbe Schichtfolge wie der äussere Bogen. Im Westen herrscht voller Parallelismus zwischen der NW.-Fortsetzung des Alburs und den Zágrosketten, und wir werden bald sehen, dass am SO.-Ufer des kaspischen Meeres zwei flache innere Bogen sich treffen. Der iranische Bogen ist also nur der äussere Theil einer grossen, von einheitlich angeordneten Falten durchzogenen Fläche, welche dem Rande selbst homolog ist.

Die Ketten des Hindu Kush von der Salzkette und den tertiären Faltungen und Flexuren des Südens durch Hazára und, so weit man die folgenden Hochgebirge kennt, auch durch diese bis zum Pámir und bis zum Tian-shan verrathen sich ebenfalls als Theile eines grossen, gemeinschaftlichen Faltensystems, welches vom fernen Norden her bis an die Tiefebene des Indus reicht,

allerdings in jenem Zustande äusserster Verklemmung, welcher sich in dem mehrfach gebrochenen Streichen der Salzkette ausprägt.

Der Himalaya gehört ebenfalls einem sehr breiten, einheitlich bewegten Gebiete an, und die Ueberfaltung seines Aussenrandes wiederholt sich wenigstens in seinem westlichen Theile weit gegen Nord, sogar am Südrande des Mustágh, auch nördlich vom Kárákoram und, wie es scheint, auch noch dort, wo der NW.-Theil der Kalkzone des Kárákoram in den Pámir tritt. Wir ziehen zu diesem Faltengebiete auch den westlichen Kuen-lun, aber wo dieser gegen NW. abschwenkt, treten an seinem nördlichen Fusse cretacische Transgressionen auf, welche der Muthmassung Raum lassen, dass es eine fremde Scholle von abweichender Schichtfolge sei, welche unter der Niederung des Tarym die Beugung dieser mächtigen Kette und ihre Entfernung vom Tian-shan veranlasst.

Weiter gegen Ost besteht allerdings diese Trennung nicht mehr. Przewalski hat gezeigt, wie N. vom Kuen-lun die gewaltigen Züge des Altyn-tag und Nan-shan sich einschalten, und das Bild, welches dieser unternehmende Reisende von dem Lande zwischen dem Meridian des Lob Nor und jenem des Kuku Nor, und vom 32. bis zum 46.° nördl. Br. entworfen hat, zeigt durch 10 Längen- und 18 Breitegrade eine einheitliche Entwicklung nahezu paralleler Ketten. Sogar mitten in der Wüste Gobi sind untergeordnete Parallelzüge vorhanden. In dieses weite Gebiet fällt ein Theil der mongolischen Berge, der östliche Tian-shan, die Wüste Gobi S. von Chami, Altyn-tag und Nan-shan mit dem Humboldtgebirge, die Süd-Kukunor-Kette, Kuen-lun mit seinen Nebenzügen und die Gebirge S. von demselben, Tan-la und auch Ssamtyn-Kansyr des tibetanischen Himalaya. Alle diese Ketten streichen O. etwas in S., mit untergeordneten Ablenkungen gegen O. oder ONO., wodurch einzelne Begegnungen und eine langgezogene, mehr oder minder netzförmige Anordnung entstehen, welche jedoch das grosse allgemeine Streichen gegen O. etwas in S. deutlich hervortreten lässt. Nur die Ritterkette an der Südseite des Nan-shan tritt als ein kurzes, gegen NO. gerichtetes, vereinzeltes Querstück auf.[59]

Die Aufnahmen der Punditen, namentlich jene des unerschrockenen Naïn-Ssing, welcher cretacische Fossilien vom Namcho-See, 120 Kilom. N. von Lhassa, brachte, zeigen aber, dass es dasselbe System von Falten ist, welches, die bogenförmige Krümmung annehmend, bis zu dem Aussenrande des Himalaya reicht und welches in dem Meridian des Lob Nor die Ueberschiebung des Randes in Bhutan bildet.[60]

Dieses ist wohl die grösste Breitenentwicklung eines einheitlich gefalteten Gebietes auf der Erde; diese Breite reicht, quer auf die Falten gemessen, von Bhutan bis in die Mongolei, d. i. durch mehr als 22 Breitegrade oder ziemlich durch den vierten Theil des Erd-Quadranten. —

Die burmanischen Ketten dringen sehr weit gegen NNW. vor; die Art ihrer Begegnung mit den grossen latitudinalen Ketten ist unbekannt, doch hoffen wir hierüber Aufklärung von Széchény und Lóczi, welche ihren nördlichen Theil durchreist haben. Diese merkwürdige Reise hat am Nordabhang des Nan-shan und am Kuku Nor in das grosse, eben erwähnte Faltungsgebiet geführt, und Kreitner's vorläufiger Bericht lässt die Vermuthung schärfer hervortreten, dass ein guter Theil der von Przewalski gesehenen, gegen OSO. ziehenden Ketten, und namentlich jene zwischen Himalaya und Kuen-lun aus OSO. gegen SO., SSO., endlich gegen S. im Streichen sich gegen Ta-li-fu und Bhamo beugen. In diesem Falle würde nicht Schaarung des Himalaya mit dem malayischen Bogen eintreten, sondern würde der malayische Bogen die Fortsetzung der inner-tibetanischen Ketten selbst sein.[61]

Man weiss, dass im Norden eine grössere Anzahl dicht gedrängter Parallelketten vorhanden ist, während weiter in Süd unter der Ebene des Irawadi und dem Meere von Pegu ein Theil derselben verschwunden ist. Im Innern des malayischen Bogens aber erscheinen mesozoische pflanzenführende Schichten, welche einem Theile der Gondwána-Serie der indischen Halbinsel entsprechen.[62] Viele Umstände sprechen dafür, dass Cochinchina und Tonking altes Tafelland sind. Hiedurch unterscheidet sich aber der malayische wesentlich von den westlichen Bogen. Es tritt eine neue Schwierigkeit in der Verfolgung des Zusammenhanges der Gebirge hervor. Dazu gesellt sich das Hinabsinken grosser Ketten

unter das Meer und der mangelhafte Stand der Erforschung. Australien ist ein Tafelland, umgeben von einem Gebirgsbogen, von welchem nur Trümmer in Neu-Seeland und Neu-Caledonien sichtbar sind; unter eigenthümlichen Umständen zeigen sich diese Stücke; die Richtung des Bogens ist verschieden von jener der bisher betrachteten. Im östlichen China hat uns Richthofen ausgedehntes Tafelland kennen gelehrt; dagegen deutet der Verlauf der vorliegenden Inseln auf neue schaarende Ketten von Formosa durch die Liu-kiu-Inseln gegen Kiu-siu, von dort durch Nipon nach Jesso, von da durch die Kurilen gegen Kamschatka, endlich durch die Aleuten und Alaska gegen Kenai und zur Schaarung mit dem NW.-Ende der amerikanischen Gebirgszüge.

Sowie gegen die indische Halbinsel dringen schaarende Bogen von NW., N. und NO. gegen den nordpacifischen Ocean vor. Es besteht eine ganz ausserordentliche tektonische Homologie zwischen dem indischen Tafellande und dem nördlichen Theile des pacifischen Ocean's.

Mehrere Umstände veranlassen mich aber, zur näheren Besprechung des östlichen Asien erst an einer späteren Stelle zurückzukehren. Sie wird wesentlich erleichtert sein, wenn die Darstellung des am genauesten bekannten, zwischen Ketten liegenden Tafellandes, des Colorado-Plateau's in Nordamerika, vorangegangen und wenn die eigenthümlichen Merkmale der Schichtfolge auf anderen Tafelländern erörtert sein werden. Dann wird sich auch die Möglichkeit ergeben, die Gesammtheit der Umrandung des stillen Weltmeeres in ihrem merkwürdigen Gegensatze zu der atlantischen Umrandung zu betrachten.

Anmerkungen zu Abschnitt VII: Die indischen Schaarungen.

---

[1] Das Kärtchen Taf. IV ist nach den von der geolog. Landes-Aufnahme in Indien veröffentlichten Karten entworfen, u. zw. ist der Himalaya bis zum Jhelum nach Lydekker, das tertiäre Gebiet O. von diesem Flusse nach Medlicott und der Westen nach Wynne eingezeichnet. Die Störungslinien des Tertiärlandes sind als Anticlinalen bezeichnet, doch sind viele von denselben südlich gesenkte Flexuren; *A* = Archaisch; *p* = Alte Schiefer und Paläozoisch; *m* = Mesozoisch; t_1 Eocän und Eocäne Vulcanische Decken; t_2 — t_4 Mittel- und Ober-Tertiär; a_1, a_2 älteres und jüngeres Schwemmland. Die weissen Strecken NO. und SW. von Abbotabad und S. von Kishtwar sind nicht kartirt. — In Betreff der in diesem Abschnitte befolgten Schreibweise berufe ich mich auf Note 31, S. 541; bei der Behandlung so verschiedenartiger Gebiete sind Ungleichartigkeiten nicht zu vermeiden, sobald man nicht gewaltsam Einheit herstellen und dadurch die Vergleichung der Originalwerke erschweren will.

[2] W. W. Graham, Travel and Ascents in the Himálaya's; Proc. geogr. Soc. 1884, new ser. VI, p. 68—70 u. 429—447.

[3] W. K. Loftus, On the Geol. of Portions of the Turko-Persian Frontier and Districts adjoining; Quart. Journ. geol. Soc. 1855, XI, p. 247—344; geol. Karte.

[4] E. Tietze, Bemerkungen üb. die Tektonik des Albursgebirges in Persien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 407. Nach V. v. Möller's Untersuchungen ist dieser Kalkstein möglicher Weise dem Carbon zuzuzählen; Ueb. einige Foraminiferenführende Gesteine Persien's; Jahrb. geol. Reichsanst. 1880, XXX, S. 580—586.

[5] W. T. Blanford, Note on the geol. form. seen along the Coasts of Bilúchistán and Persia from Karaché to the Head of the Persian Gulf; Rec. geol. Surv. Ind. 1872, V, p. 41—45; Eastern Persia, An Account of the Journeys of the Persian Boundary Commission 1870—71—72, vol. II: the Zoology and Geol. by W. T. Blanford; 8° London, 1872.

[6] Oliv. B. St. John, On the Physic. Geogr. of Persia; East. Persia; An Account etc.; I, insb. orographische Karte p. 6.

[7] W. T. Blanford, The Geol. of Western Sind; Mem. g. S. Ind. 1880, XVII, p. 1—201, Karte.

[8] H. Cook, Geol. Discoveries in the Valley of Kelat and surr. parts in Beloochistan, in H. J. Carter, On Contrib. to the Geol. of West. India; Journ. Bombay Branch Asiat. Soc. 1862, VI, p. 184—194; ich habe im Gegensatze zu anderen Autoren in Cook's Angabe von dem Vorkommen von Orthoceratiten im Kreidekalke keinen hinreichenden Nachweis von dem Auftreten älterer Schichten erblickt.

[9] C. L. Griesbach, Rep. on the Geol. of the Section betw. The Bolan Pass in Biluchistan and Girishk in South. Afghanistan; Mem. g. S. Ind. 1881, XVIII, p. 1—60; Karte. Die Art des Eindringens der Eruptivgesteine, welche an dem Contact bei Kandahar Gold führen, erinnert sehr an Posepny's Beobachtung, dass Intrusionen in Kalkstein häufig in Systeme von Höhlen erfolgt sind, welche in viel früherer Zeit durch Wasser gebildet worden waren.

[10] W. T. Blanford, The Geol. of Western Sind; eb. das. 1879, XVII, p. 1—210, Karten; dess.: Geol. Notes on the Hills of the Neighbourhood of the Sind and Punjab Frontier betw. Quetta and Dera Ghazi Khan; eb. das. 1883, XX, p. 105-240, Karten; auch V. Ball, Geol. Notes made on a Visit to the Coal discov. in the Country of the Luni Pathans; Records, 1874, VII, p. 145—158, Karte.

[11] Griesbach in Medlicott's Ann. Rep. for 1883; Records g. S. Ind. 1884, XVII, p. 1; die Nachrichten über die weitere Fortsetzung in dem Lande der Wuziri sind unvollständig und ziemlich widersprechend; Stewart und Oldham, Journ. As. Soc. Bengal, 1861, XXIX, p. 314—320 u. Alb. M. Verchère, Kashmir, the West. Himalaya and the Afghan Mountains, a geol. paper; eb. das. 1867, XXXVI, b, p. 18—20.

[12] Medlicott and Blanford, Manual, I, p. LIX.

[13] A. B. Wynne, On the Geol. of the Salt Range in the Punjâb; Mem. g. S. Ind. 1878, XIV, 313 pp. u. Karten; ders.: On the Trans-Indus Extension of the Punjâb Salt-Range; eb. das. 1880, XVII, b, 95 pp. u. Karten; W. Waagen, Salt Range Fossils; Palaeont. Ind. ser. XIII, 1879 u. folg.

[14] Waagen, Geogr. Verth. Foss. Org. in Indien, S. 8.

[15] In wie ferne die Bezeichnungen ,Carbon' und ,Trias' eine Veränderung zu erfahren haben, wird sich erst aus dem Abschlusse von Waagen's paläontologischen Untersuchungen ergeben.

[16] Medlicott, On the Geol. Structure and relations of the South. portion of the Himalayan range betw. the rivers Ganges and Ravee; Mem. g. S. Ind. 1864, III, 6, 208 pp., Karte; ders.: Note upon the Sub-Himalayan Series in the Jamu (Jummoa) Hills; Records eb. das. 1876, X, p. 49—57 (Karte p. 155); Wynne, Observ. on some Features in the Phys. Geol. of the Outer Himal. Region of the Upp. Punjâb; Quart. Journ. geol. Soc. 1874, XXX, p. 61—80, Karte; ders.: Note on the tert. Zone and underlying Rocks in the North-West Punjâb; Rec. g. S. Ind. 1877, X, p. 107—132, Karte; ferner Manual, II, p. 517 u. folg.

[17] Wynne, The Trans-Indus Salt Region in the Kohât District; Mem. g. S. Ind. 1874, XI, p. 101—330, Karte; ders.: A geol. Reconnoiss. from the Indus at Kushalgarh to the Kuram at Thal on the Affghan Frontier; Records eb. das. 1879, XII, p. 100—114, Karte. Am Kuram erscheint der Rest eines alten Eruptivstockes. Noch weiter in West ist die Kenntniss von dem Baue des Gebirges eine ganz unvollständige und man bleibt über die Art der Schaarung im Unklaren. Sikarâm (15.620 Fuss), der höchste Gipfel des Safed Koh, besteht aus weissem Quarzit; bei Ali Khel ist Serpentin; bei Jagdalak, O. von Kabul, wird Spinell in weissem, glimmerführendem Kalkstein gewonnen; Proc. As. Soc. Beng. 1880, p. 3, 4.

[18] Manual Geol. Ind. II, p. 568.

[19] R. Lydekker, The Geol. of the Kâshmir and Chamba Territ. and the Brit. District of Khâgân; Mem. g. S. Ind. 1883, XXII, p. 1—344, Karte.

[20] H. H. Godwin-Austen, President's Adress Geogr. Section, Brit. Assoc. Southport, 1883; auch in Proc. Geogr. Soc. 1883, V, p. 610—625, und ders.: The Mountain-Systems of the Himalaya and neighbour. Ranges of India; eb. das. 1884, VI, p. 83—87, Karte.

[21] C. A. Mc. Mahon, On the microsc. structure of some Dalhousie rocks; Records g. S. Ind. 1883, XVI, p. 129—144, pl. I, u. ders.: On the micr. struct. of some Himalayan granites and gneissose granites; eb. das. 1884, XVII, p. 53—72, pl.; Lydekker, p. 270 u. folg.

[22] R. Strachey, On the Geol. of Part of the Himalaya Mountains and Tibet; Quart. Journ. geol. Soc. 1851, VII, p. 292—310, Karte u. Prof.; für den ersten Nachweis alpiner Trias: Jahrb. geol. Reichsanst. 1862, XII, Verh. S. 258; F. Stoliczka, Geol. Sections across the Himalayan Mountains, from Wangtu-Bridge on the River Sutlej to Sundgo on the Indus; Mem. g. S. Ind. 1865, V, p. 1—154, Taf., u. an viel. and. Orten;

Griesbach, Pal. Notes on the lower Trias of the Himalaya's; Rec. g. S. Ind. 1880, XIII, p. 94—113, u. A.

23 G. T. Vignes, Travels in Kashmir, Ladak, Iskardo etc. 8° 1842, I, p. 209 wird für die NW.-Fortsetzung angeführt; die Stelle scheint sich nur auf die Nähe von Gurez zu beziehen.

24 Lydekker, am ang. Orte, p. 192.

25 Fr. Drew: The Jummoo and Kashmir Territories, 8° 1875, p. 331—354. Auf unseren am meisten verbreiteten Karten ist ‚Thaldat' verzeichnet; diese Stelle liegt an dem Nordfusse der Lokzhungberge; für diese Gegend auch zu vergl. G. W. Hayward, Journey from Leh to Yarkand and Kashgar; Journ. geogr. Soc. 1870, XL, p. 33—166, Karte.

26 Scientific Results of the Second Yarkand Mission; based upon the Coll. and Notes of the late Ferd. Stoliczka; Geology by W. T. Blanford; 4° Calcutta, 1879.

27 Eb. das. Tagebuch v. 23. März u. 3.—8. Juni 1874.

28 Vgl. Petermann's Geogr. Mittheil. 1884, Taf. IV. — Aktasch bedeutet ‚weisser Stein' und es scheint der Name ebenso das Durchstreichen der Kalkfelsen anzuzeigen, wie in kleinerem Maassstabe Piz Alv im Bernina.

29 W. Waagen and A. B. Wynne, The Geol. of Mount Sirban in the upp. Punjâb; Mem. g. S. Ind. 1872, IX, p. 331—350; Karte.

30 Wynne, Observ. on some Features in the phys. Geol. of the outer Himalay. Region of the upp. Punjâb; Quart. Journ. geol. Soc. 1874, XXX, p. 61—80, pl. VII; — Note on the tert. Zone and underlying Rocks in the NW. Panjâb; Rec. g. S. Ind. 1877, X, p. 107—132, Karte; — Further Notes on the Geol. of the upp. Punjab; eb. das. 1879, XII, p. 114—133, mit geol. Karte von Hazára; auch eb. das. 1882, XV, p. 164—169; Waagen, Note on the Attock slates eb. das. p. 183—185; Lydekker eb. das. 1882, XV, p. 14 u. A.

31 W. W. Mc. Nair, A Visit to Kafiristan; Proc. Geogr. Soc. 1884, VI, p. 9.

32 Ich habe insbesondere zu danken für die Mittheilungen der noch im Drucke befindlichen Berichte über eine Anzahl von Vorlesungen, welche Hr. Iwanow im Frühjahre 1884 vor der k. russ. geographischen Gesellschaft gehalten hat. Zur Erläuterung berufe ich mich auf Petermann's Mitth. 1884, XXX, Taf. IV und Proc. Geogr. Soc. 1884, Karte p. 176; diese Karten, so wie die vorläufige Karte in den Iswestj. sind jedoch vor Rückkunft der Expedition angefertigt, und Iwanow spricht sich in Betreff der hier in Frage kommenden Punkte insbesondere gegen die Angaben über den Lauf des Ges-Flusses (in NO.) so wie gegen den steilen Abfall aus, mit welchem angeblich Pâmir gegen SW. in der Richtung gegen Faisabad enden soll.

33 Capt. John. Wood, A Journey to the Source of the River Oxus; 2d ed. 8° 1872, p. 158; jenseits Rustak würde sich der hohe, vereinzelte Umbar Koh bei Kunduz anschliessen; vgl. eb. das. p. 152.

34 Hayward am ang. Orte, p. 125. Von Hayward wird Mustágh noch unter dem Namen Kárákoram begriffen.

35 Lydekker, Geol. of Dárdistán, Baltistán etc. Rec. g. S. Ind. 1881, XIX, p. 15, Karte.

36 Diese widersinnische Lagerung ist bald für wahre Lagerung angesehen und sogar der Gneiss des Kinchinjunga für jünger als Unt. Gondwána gehalten worden; bald hat man ursprüngliche Uferlinie und späteren Einbruch zu sehen vermeint. Wenn auch für manche jüngere Ablagerung das Ufer nahe gewesen sein mag, haben doch jene Geologen, welche den Saum der Alpen kennen, sofort die allgemeine Ueberfaltung wieder erkannt; so Griesbach, Rec. g. Surv. Ind. 1880, p. 84 in Kumaon u. L. v. Lóczi, Földtan. közl. 1883, S. 270 in der Gegend von Darjiling.

37 H. B. Medlicott, Note on the Geol. of Nepal; eb. das. 1875, VIII, p. 93—101; Karte.

38 Fr. R. Mallet, On the Geol. of the Dárjiling Distr. and the Western Duárs; Mem. eb. das. 1875, XI, p. 1—96; Karten.

39 H. H. Godwin-Austen, Notes on the Geol. of part of the Dafla-Hills, Assam; Journ. Asiat. Soc. Beng. 1875, New ser., XLIV, p. 35—41, Taf.

40 Ich berufe mich auf die Karte von C. H. Lepper, The Singpho-Kampti Country or Neutral Ground between India and China; Proc. As. Soc. Beng. March, 1882, pl. I, und auf die nach Colborne Baber vervollständigte Karte von B. Hassenstein in Peterm. geogr. Mitth. 1883, XXIX, Taf. I.

41 F. R. Mallet, On the Coal-Fields of the Nágá-Hills, bordering the Lakhimpur and Sibságar Distr. Assam; Mem. g. Surv. Ind. 1876, XII, p. 269—363, Karten. Im Falle einer Verwerfung sollte auch die jüngere Serie nicht in diesem, sondern im entgegengesetzten Sinne geschleppt sein.

42 R. D. Oldham, Rep. on the Geol. of parts of Manipur and the Naga Hills; Mem. eb. das. 1883, XIX, p. 217—242; Karte.

43 T. D. La Touche, Notes on a Traverse through the East. Khasia, Jaintia and N. Cachar hills; Rec. eb. das. 1883, XVI, p. 203; Manual Geol. Ind. II, p. 699.

44 ‚Nach N. wie nach S. tritt der merkwürdige Parallelismus der Ketten hervor. . . . Die Spitzen der Uiphum-Kette, von welchen Klang-Sang (2600 Fuss) eine der höchsten ist, stehen in einer wunderbar geraden Linie, so dass eine einzige Messtisch-Visur alle hervorragenden Punkte durch viele Meilen gegen Süd trifft. . . .‘ Capt. Tanner, the Lushai Expedition; Proc. Geogr. Soc. 1873, XVII, p. 49.

45 W. Theobald, On the Geol. of Pegu; Mem. g. S. Ind. 1873, X, p. 189—359, Karte.

46 W. Theobald, Salt-Springs of Pegu; Rec. eb. das. 1873, VI, p. 67—73, Karte; Mallet, Mud Volcanoes of Rámri and Cheduba; eb. das. 1878, XI, p. 188—223, Karten; u. Note on a recent Eruption in Rámri Isl. eb. das. 1879, XII, p. 70—72. Erdöl zeigt sich auch im Punjáb und an vereinzelten Stellen in Sind; endlich sind die Schlammvulkane der Meeresküste W. von den Mündungen des Indus zu erwähnen, aber die Zonen sind nirgends so zusammenhängend als in dieser Kette.

47 F. Stoliczka, Die Andamanen; Verh. geol. Reichsanst. 1868, S. 192; V. Ball, Notes on the Geol. of the Vicinity of Port Blair, Andam., Journ. As. Soc. Beng. 1870, XXXIX, b, p. 231—239, und Brief Notes on the Geol. and the Fauna in the Neighb. of Nancowry harbour, Nicob. eb. das. p. 25—37; Medlicott and Blanford, Man. Geol. Ind. II, p. 732—736; G. E. Bulger, A visit to Port Blair and M. Harriet, And. Isl. Canad. Natural 1876, VIII, p. 95—103; ferner H. Rink, Die Nikobar. Inseln, 8° Kopenhag. 1847, Karte u. F. v. Hochstetter, Beitr. z. Geol. u. physik. Geograph. d. Nikobar-Inseln, Reise d. Freg. Novara, Geol. Theil, II, 1866, S. 83—112, Karte; C. Schwager, Foss. Foram. v. Kar Nikobar, eb. das. S. 187—268, Taf. — Lydekker zeigt, dass die Zahnreste von Diodon, welche im Tertiär der Ins. Rámri erscheinen, übereinstimmen mit solchen aus dem Sandstein von Port Blair, Andam. Ins.; Rec. g. Surv. Ind. 1880, XIII, p. 59. — Hochstetter hat (S. 98) diese Serpentine den tertiären Serpentinen Italiens gleichgestellt und ebenso vergleicht Neumayr den ganzen Zug dem griechischen Flysch; Bittner, Neumayr u. Teller, Ueberblick d. geol. Verh. eines Theiles der Aegäisch. Küstenländer; Denkschr. Akad. Wien 1880, XL, S. 405.

48 W. T. Blanford, Account of a Visit to Puppá doung, an extinct Volcano in Upp. Burma; Journ. As. Soc. Beng. 1863, XXXI, p. 215—226, Taf.; Anderson führt einen Vulkan noch weiter im N., in 25°, an; diese Angabe fällt ausserhalb des Gebietes, welches ich hier zu besprechen beabsichtige.

49 Theobald, Geol. of Pegu, am ang. O. p. 142.

50 G. v. Liebig, Barren-Island; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1858, X, S. 299—304, Taf.; V. Ball, Barren Isl. and Narkondam; Rec. g. Surv. Ind. 1873, VI, p. 81—90.

51 Theobald, Geol. of Pegu, am ang. O. p. 223; Manual Geol. Ind. II, p. 709.

52 J. Errington de la Croix, Le Royaume de Pérak; Bull. soc. géogr. 1883, 7. sér. IV, p. 333—352, Karten. J. E. Tenison Woods, Geol. of the Malay. Penins., Nature, 1884, p. 76 u. Mount. Syst. of the Malay. Penins. eb. das. p. 264.

53 J. R. Logan, Notice of the Geol. of the Straits of Singapore; Quart. Journ. Geol. Soc. 1851, VII, p. 310—344, Karte; L. v. Lóczi sagt, dass das Aussehen der bei Singapore dem Granit auflagernden Sedimente dem alpinen Flysch gleicht; Földt. Közl.; Sitzg. ung. geol. Ges. v. 5. Jan. 1881.

54 Es mag hier nur das letzte und wichtigste Werk genannt sein: R. D. M. Verbeek, Topogr. en Geol. Beschrijving v. un Ged. v. Sumatra's Westkust; 8° Batav. 1883; Atlas in 8° u. 4°. — Auch die Petroleum-Vorkommnisse des Nordens wiederholen sich auf Sumatra.

55 Verbeek am ang. O., p. 398 u. folg.; Atlas 8° Taf. XII

56 Verbeek u. R. Fennema, Nouv. faits géol. observés à Java; Arch. Néerl. 1881, XVI, p. 48—64.

57 K. Martin, Die wichtigst. Daten uns. geolog. Kenntniss vom Niederl. Ostind. Archipel; Bijdr. tot de Taal Land en Volkenk. en Ned. Ind. uit p. t. Geleg. van het VI. Intern. Congress d. Orientalist. te Leiden, s'Gravenhage, 1883. p. 27.

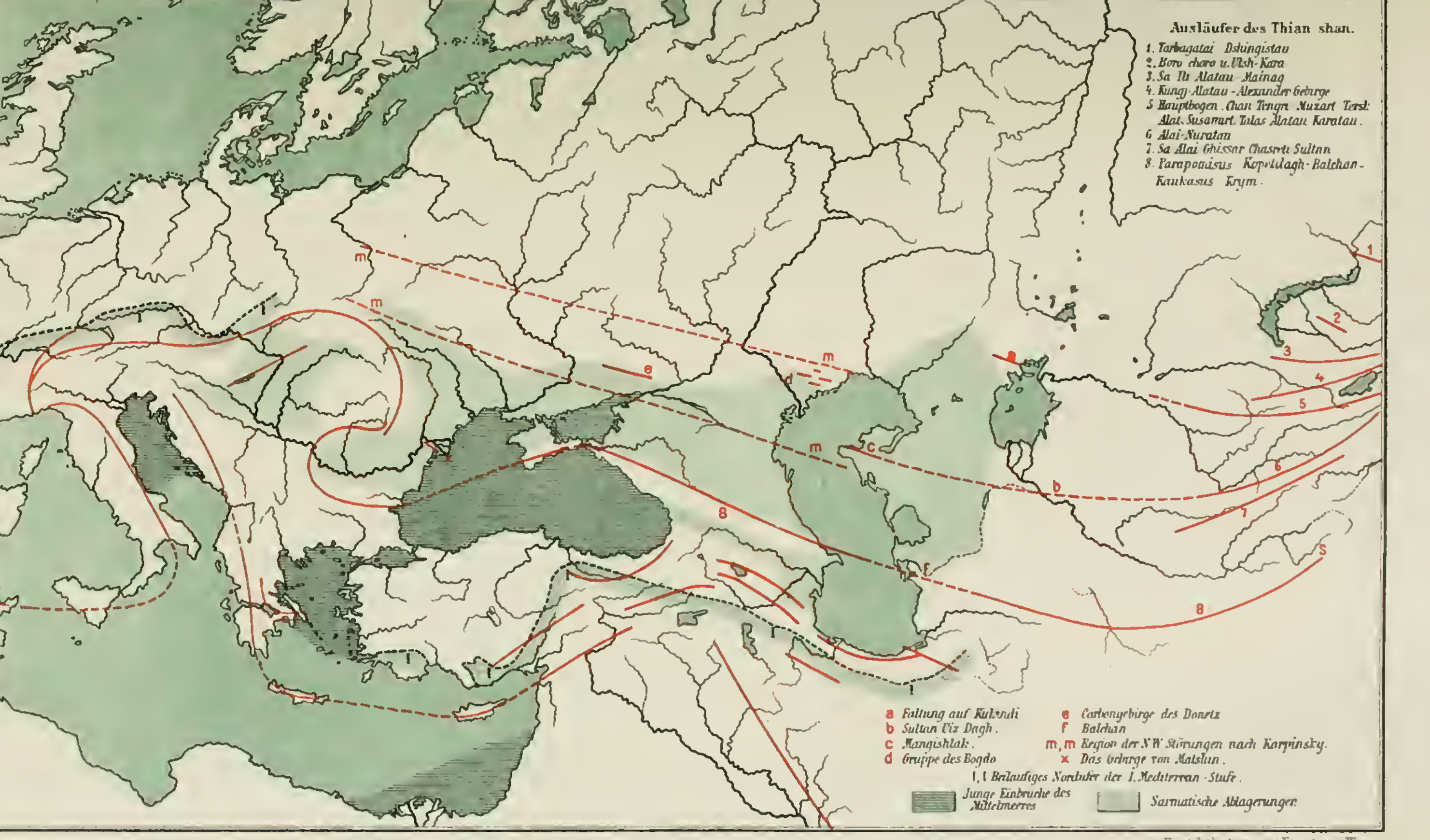
58 ‚gradually and irregulary broken up'; A. R. Wallace, On the Phys. Geogr. of the Malay Archip., Journ. geogr. Soc. 1863, XXXIII, p. 233; hienach wurden zuerst die Philippinen abgetrennt, viel später Java, noch etwas später Sumatra und Borneo; zuletzt die Inseln S. v. Singapore bis Banca und Biliton; Wallace, Island Life, 8°, 1880, p. 362.

59 N. Przewalski, Forschungen in Centr.-Asien. IV. Vom Saisan-See nach Tibet; 4° Petersb. 1883; die Karte auch reducirt in Peterm. Mitth. 1883, Taf. IX; auch Przewalski, Das Nördliche Tibet; eb. das. S. 14—23.

60 Osc. Feistmantel, On the Occurr. of the Cretac. Genus Omphalia near Nameho Lake, about 75 miles N. of Lhassa; Rec. g. Surv. Ind. 1877, X, p. 21—25.

61 G. Kreitner, Im fernen Osten; Reisen des Graf. B. Széchényi in Indien, Japan, China, Tibet u. Burma; 8° Wien, 1881; Taf. III.

62 Ratte, Note sur l'Indo-Chine; Bull. soc. géol. 1876, 3. sér. IV, p. 509—521; Petiton, Carte géol. du Cochin-Chine, eb. das. 1883, 3. sér. XI, pl. VIII; E. Fuchs, Comptes rend. 10. Juli 1882, p. 107 u. Zeiller eb. das. 24. Juli 1882, p. 194; Zeiller, Flore du Tonking, Bull. soc. géol. 1883, 3. sér. XI, p. 436 u. folg. u. an and. Orten.



Die Beziehungen Europa's zu Asien.

(Siehe Abschn VIII Note 1)

ACHTER ABSCHNITT.

Die Beziehungen der Alpen zu den asiatischen Gebirgen.[1]

Aufgabe dieses Abschnittes. — Tian-schan von J. Muschketoff. — Westliche Ausläufer des Tian-schan. — Nura-tau, Scheich-Djeli, Mangischlak, Kohlengebirge am Donetz. — Paropamisus, Chorassan, Kopet-dagh, Balchan, Kaukasus, Krim. — Matschin. — Balkan und Karpathen. — Alburs, Iranisch-Taurische Schaarung. — Dinarischer Zug. — Lösung der wirbelförmigen Anordnung der Alpen. — Ural, Pae-choi und Timan. — Uebersicht.

Es ist der schwierigste Theil dieser vergleichenden Uebersicht des Verlaufes der grossen Gebirgszüge, an welchen ich nun schreite. Zwei ausgedehnte Gebiete sind bisher besprochen worden, das System der Alpen im Westen und die asiatischen Bogen im Osten, welche beide ihre Gestaltung durch tangentiale Bewegungen erhalten haben, aber die Anordnung der Leitlinien ist in jedem dieser beiden Gebiete wenigstens scheinbar eine gänzlich verschiedene. Es entsteht nun die Frage, wie sich diese beiden Arten der Anordnung begegnen.

Zunächst ist der latitudinale Hauptzug des inneren Asien, der Tian-schan, näher zu betrachten und sind seine westlichen Ausläufer gegen Europa hin zu verfolgen. In den Alpen werden wir hierauf zu fragen haben, ob mit dem Ende der Karpathen in Siebenbürgen wirklich das Ende jener Linien erreicht sei, welche an der wirbelförmigen Anordnung der Alpen theilnehmen. Hierauf werden wir uns südwärts wenden und prüfen, ob der iranische Bogen in der That der westlichste der schaarenden Bogen, oder ob in Europa eine weitere Wiederholung zu treffen sei. Aus dieser Analyse wird,

so hoffe ich, gezeigt werden können, worin das Wesen der Anordnung der Alpen besteht. Endlich sollen noch Ural, Pae-choi und das Timan'sche Gebirge besprochen werden.

Der Weg ist lang, aber es gibt keinen kürzeren; nur so kann die eigenthümliche Art des Zusammenhanges der grossen Gebirgszüge dieses Continentes und die Bedeutung dargelegt werden, welche den zwischenliegenden Ketten, wie dem Kaukasus, dem Taurus, dem Balkan, dem Pindus zukommt.

Die Darstellung wird sich bei dem Umfange des Stoffes knapp an die ermittelten Thatsachen halten müssen, und auch von diesen werde ich nur die wichtigsten anzuführen im Stande sein.

Der Tian-schan bildet den Ausgangspunkt, und ich freue mich, hier dem Berufensten weichen und eine Beschreibung der Grundzüge des Baues dieses ausgedehnten Hochgebirges einschalten zu dürfen, welche der beste Kenner desselben, Prof. Muschketoff, mir mitzutheilen die Güte hatte.

Tian-schan (von Prof. J. Muschketoff).[2] Unter Tian-schan hat man ein ganzes System verschiedener Gebirgszüge im Grossen und Ganzen mit der Streichrichtung WSW.—ONO. zu verstehen. Dieses System nimmt seinen Anfang in der Wüste Gobi nahe bei der Stadt Barkul, als verhältnissmässig niedriger und schmaler, wenn auch von der umgebenden öden Fläche sich scharf abhebender Gebirgszug. Derselbe nimmt gegen West in verticaler wie in horizontaler Richtung immer grössere Dimensionen an und spaltet sich in mehrere nahezu parallele Ketten; gleichzeitig zweigen sich meist in der Richtung NW. Ausläufer ab, welche nicht selten als selbständige Gebirgszüge betrachtet werden können.

So zweigt sich von ihm bei den Quellen des Kungess, fast gegenüber Julduss, der Gebirgszug Eiran-Chabirgan oder Borochoro ab, der im Verein mit dem dsungarischen Ala-tau die ganze nördliche Hälfte von Kuldscha einnimmt und durch den Barlik-tau mit dem nordwestlichen Tarbagatai in Verbindung tritt.

Westlich von dem Pik Chan-Tengri (22.500 Fuss) ist eine derartige Verzweigung und zugleich eine Entwicklung in die Breite in noch höherem Maasse wahrzunehmen; sie erreichen ihr Maximum auf dem Meridian von Kaschgar, wo die Gesammtbreite

des Tian-schan nicht weniger als 300 Kilom. beträgt. An dieser Stelle kann man neben einigen unbedeutenden nicht weniger als vier nahezu parallele Hauptketten unterscheiden; diese sind: 1. Sa-Ilischer Ala-tau; 2. Kungj-Ala-tau; 3. Terskj Ala-tau und 4. Kokschal.

Der erste vereinigt sich bei der berühmten Schlucht Buam mit dem Tschu-Ilischen Gebirge oder Suok-Tübe, welches ebenso wie der Boro-choro nach NW. streicht und am Südende des Balchasch-See's endet.

Der zweite, Kungj-Ala-tau, trägt weiter westlich den Namen Alexandergebirge und vereinigt sich bei der Stadt Aulje-Ata in gleicher Weise mit dem NW.-Zuge Kara-tau, welcher dem Tschu-Ili-Zuge parallel läuft.

Die beiden letztgenannten Züge, nämlich Terskj-Ala-tau und Kokschal, beginnen bei dem Chan-Tengri und gehen nach Westen zu gabelförmig auseinander; der Zwischenraum wird von Gebirgszügen zweiten Ranges eingenommen, die stellenweise eine ausserordentliche Höhe erreichen, wie z. B. der von zahlreichen Gletschern bedeckte Ak-Schjrak, ebenso die Gebirge Son-kul, Baural-basch, At-basch u. s. w. Unter den diese Züge trennenden Thälern zeichnet sich durch seine Ausdehnung dasjenige des Narin, des Quellflusses des Syr-Darja, aus.

Der Terskj-Ala-tau setzt sich in dem Susamjr-tau weiter fort und endet im Westen mit einer ganzen Serie von Parallelzügen: Talaskj-Ala-tau, Tschatkal und Namandgangebirge. Kokschal setzt sich als Kurpetau und Suëktau bis an den Alai-Gebirgszug fort, dem Verbindungsgliede zwischen dem System des Tian-schan und dem Pámir.

Auf dem Meridian von Suëk verläuft zwischen dem Alaigebirge und den beiden obgenannten, dem Namandgan- und Tschatkalgebirge, in nordwestlicher Richtung das Ferganagebirge; letzteres bildet die Ostgrenze des Ferganagebietes, ersteres seine Nord- und Südgrenzen. Sie laufen nach Westen zu ebenfalls in nordwestlicher Richtung aus, wie der kleine Kasjkurt und der lange Nura-tau, der Ausläufer des Turkestangebirges, das seinerseits als eine Fortsetzung des Alaizuges zu betrachten ist.

Dem Alaizuge parallel ziehen sich das Sa-Alai- (Hinter-Alai) und weiter westlich das Gissargebirge und das Gebirge Peter's I. Sie alle laufen in zahlreichen kleinen und niederen Zügen strahlenförmig in die Ebene der Bucharei aus. Die strahlenförmig divergirenden westlichen Ausläufer des Tian-schan-System's verlieren sich allmälig in die Turan'sche Niederung.

Alle diese zahlreichen Gebirgszüge lassen sich zu drei Gruppen zusammenfassen: 1. solche mit dem Streichen ONO.; sie sind weitaus die zahlreichsten und bedingen die Richtung des ganzen System's des Tian-schan; 2. solche mit der Richtung NW.; sie bilden die westlichen Ausläufer der Hauptzüge; und 3. solche mit der Richtung W., wenig zahlreich und nur als Züge zweiten Ranges auftretend. Wo Gebirgszüge der ersten Gruppe mit solchen der zweiten zusammenstossen, da beobachtet man regelmässig ein Ausbiegen derselben, und zwar mit der convexen Seite gegen Süden; zugleich sind die Abhänge nach Norden zu steiler als die südlichen; die nördlichen Abhänge weisen Massengesteine in stärkerer Entwicklung auf als die südlichen, die ihrerseits ein regelmässigeres System von Falten aufweisen. Diese Verhältnisse gelten übrigens allgemein für alle Gebirgszüge des Tian-schan in ihrer ganzen Ausdehnung, nur dass sie an den genannten Vereinigungspunkten deutlicher hervortreten.

An der Zusammensetzung der Gebirgszüge nehmen meist paläozoische Gebilde, einschliesslich den Kohlenkalk der Steinkohlenperiode theil, überdies metamorphische und Massengesteine; jüngere Gebilde finden sich vereinzelt in geringer Ausdehnung in den Gebirgsthälern und lagern stets discordant auf den paläozoischen. Nachgewiesen sind: Trias, Jura (reich an Kohle), Kreide und Tertiär; letzteres ist durch lockere Kalksteine, Sandsteine und kieselige Conglomerate vertreten.

Alle diese Sedimente treten ausser in den Gebirgsthälern, wo sie wie das Eocän von Ladakh im Himalaya bis zu bedeutenden Höhen, im Alai bis zu 10—11.000 Fuss hoch beobachtet worden sind, zumeist am Rande der Gebirge gegen die Ebene zu auf und lassen sich hier in den Flussthälern sehr vollständig beobachten, so z. B. im Ferganagebiete, in Kuldscha u. s. w., desgleichen in der südwestlichen Bucharei und in Gissar, woselbst sie ganze

Gebirgszüge bilden. Diese Sedimente sind über die gesammte anliegende Niederung verbreitet, nach West bis an den Aral- und Kaspisee, nach O. bis an den Lob Nor; sie umziehen als ununterbrochener Gürtel den ganzen Tian-schan; nur an dem äussersten östlichen Ende, bei der Stadt Barkul, sind sie noch nicht nachgewiesen, weil dort bisher überhaupt noch kein Geologe gewesen ist.

Diesen Sedimenten kommt eine hervorragende Bedeutung für Mittel-Asien zu, erstens weil die lockeren tertiären Sandsteine das Materiale für den Flugsand liefern, der von den Winden über weite Strecken ausgebreitet wird und den Wüsteneien ihren Charakter ertheilt, und zweitens weil die Brände der mächtigen jurassischen Kohlenflötze Humboldt zu der Annahme vulcanischer Thätigkeit in Mittel-Asien veranlassten, ein Irrthum, der sich leider bis heute fortgepflanzt hat. An allen Punkten, an welchen der grosse Naturforscher auf Grund chinesischer Quellen Vulcane oder Solfataren annahm, sind brennende jurassische Kohlenflötze beobachtet worden, so in Kuldscha, Urumtschi, Turfan, Kutschi u. s. w., d. h. sowohl nördlich als südlich vom Tian-schan.

Was nun die Massengesteine anbelangt, so sind dieselben im Tian-schan recht mannigfaltig und treten zwischen metamorphischen und paläozoischen Gesteinen auf, aber in den verschiedenen Gebirgszügen in wechselnder Ausdehnung und Menge. So finden sich Granit, Granitit, Syenit, Granitporphyr, Orthoklasporphyr, Felsit, Gabbro u. s. w. vorherrschend in den massiven, gegen NO. gerichteten Gebirgszügen; Diabas, Melaphyr, Dolerit, Teschenit, Porphyrite u. s. w. in den gegen NW. streichenden; Diorit, Gneiss u. s. w. in den nach W.—O. gerichteten. Die krystallinischen Gesteine walten fast überall auf den nördlichen, steileren und concav verlaufenden Abhängen vor. Beispielsweise treten auf dem Nordabhange des Sa-Ilischen Gebirges Felsit-, Orthoklas-, Sphaerolith- und Quarzporphyre auf; desgleichen im Tschu-Ili-Gebirge; Syenit und Diorit auf dem Nordabhange des Terskj-Ala-tau; Melaphyr und Diabas auf dem Nordabhange des Aigjr-tau; Melaphyr auf dem NO.-Abhange des Kara-tau; Augitporphyr auf dem NW.-Abhange des Talass-Ala-tau; Augitporphyr auf dem N.-Abhange des Sonkulgebirges; Diabas auf dem NO.-Abhange,

Augitporphyr und Andesit auf dem N.-Abhange des Kara-teke und bei Suëk; südlicher, am Flusse Tojunn, treten Basalte auf.

In Betreff dieser letzteren Vorkommnisse muss ich bemerken, dass, obgleich die S. vom See Tschatyr-kul auftretenden Gesteine unstreitig vulcanischen Ursprunges sind, sie dennoch nichts an dem oben über Humboldt's Ansicht Gesagten ändern, da sie nicht der gegenwärtigen Periode, sondern älteren tertiären Vulcanen angehören; das Gleiche gilt vom Dolerit des Eiren-Chabirgan, des Karakasyk im Alaigebirge, dem Teschenit des Kasjkurt u. s. w.

Das Vorkommen vulcanischer Gesteine südlich vom Tian-schan widerspricht scheinbar dem im Allgemeinen über die Verbreitung der Massengesteine Gesagten; allein dies ist nur scheinbar der Fall, denn diese Gesteine treten an dem Nordabhange des Kokschal oder Suëk-tau und seiner westlichen Verlängerung auf, also übereinstimmend mit den übrigen Massengesteinen im ganzen Tian-schan. Desgleichen treten Teschenit auf dem Nordabhange des Kasjkurt, Gabbro, Melaphyr und Granit auf dem N.-Abhange des Alaigebirges u. s. w. auf, d. h. überall im Tian-schan zeigt sich das gleiche Verhalten, mit wenigen Ausnahmen in unbedeutenden Höhenzügen.

Was nun das Alter des Tian-schan-Gebirges anbelangt, so sind die massiven NO.-Züge älter als die übrigen, doch reicht ihre Bildungszeit wohl kaum weiter zurück als bis zur Trias; die jüngeren NW.-Züge sind wahrscheinlich erst nach Ablauf der Tertiärperiode entstanden, gleichzeitig mit einem bedeutenden Wachsthume der schon vorhandenen Erhebungen, da, wie oben bereits erwähnt, tertiäre Ablagerungen auf sehr bedeutenden Höhen vorkommen. Seine endgiltige Gestaltung hat also der Tian-schan erst nach dem Tertiär erhalten, und es gibt einige Anzeichen dafür, dass eine Erhebung noch gegenwärtig stattfindet; diese Anzeichen sind jedoch nur indirecte und nicht über allen Zweifel erhaben.

Aus allem Dargelegten ergeben sich für den Tian-schan genau die umgekehrten Verhältnisse wie für die Alpen. Bei letzteren verlaufen die Züge convex nach N., im Tian-schan convex nach S.; dort sind die Südabhänge steil, hier die nördlichen; dort walten Massengesteine auf den Südabhängen vor, hier auf den Nordabhängen. Der an den Alpen, Karpathen u. s. w. nachgewiesene

Zusammenhang dieser Erscheinungen bethätigt sich jedoch in vollkommenstem Maasse auch für den Tian-schan; desgleichen zeigt sich auch eine grosse Gleichförmigkeit in dem Streichen der Falten und in der Umbeugungsrichtung. Den massigen Gesteinen kommt bei der Bildung des Tian-schan eine rein passive Rolle zu; die Verbindungslinie ihrer Ausgangspunkte fällt mit der Kammrichtung keineswegs zusammen. In dieser Beziehung liegen für den Tian-schan zahlreiche Beobachtungen vor, analog denen, welche von Ihnen und Prof. Heim für die Alpen angeführt worden sind.' —

So weit Muschketoff's Darstellung. Es ergibt sich hieraus vor Allem die wichtige Erfahrung, dass die im Allgemeinen nach Süd gerichtete tangentiale Bewegung der schaarenden indischen Bogen auch in den langen Zügen des Tian-schan sich kundgibt, und dass für das ganze innere Asien diese Bewegung gegen Süd die herrschende und das Land gestaltende Erscheinung ist.

Von den aufgezählten gegen NW. streichenden Aesten des Tian-schan kommen Boro-choro mit dem Tarbag-atai und der Sallische Ala-tau mit dem Suok-tübe hier nicht in Betracht, da sie Europa nicht erreichen. Man mag die Frage aufwerfen, ob die vereinzelte Faltung, welche auf der Halbinsel Kulandy, an dem NW.-Ufer des Aral, hervortritt und die NW. streichenden Berge der Astrachan'schen Steppe, wie Tschaptschatschi und die Gruppe des kleinen und des grossen Bogdo, etwa die Fortsetzungen des vom Alexandergebirge mit NW.-Streichen herkommenden Karatau seien, aber bei der beträchtlichen Entfernung dieser Punkte von einander ist es schwer, hierüber zu urtheilen.

Um so deutlicher ist das nordwestliche Fortstreichen des südlich nachfolgenden Astes des Tian-schan.

Nura-tau-Mangischlak. Nura-tau, vom Alai herkommend, tritt mit nordwestlicher Richtung als eine hohe, schneebedeckte Kette weit gegen die Steppe Kizil-kum vor und scheidet den Sir Darja vom Amu Darja. Seine weitere Fortsetzung bildet der 60 Kilom. lange Gebirgszug Scheich-Djeli oder Sultan-Ujzdagh, welcher unterhalb Chiwa den Amu Darja erreicht. Er besteht nach Barbot aus Granit, Gneiss, Talkschiefer, Chloritschiefer, auch Kalk-Pistazit-Schiefer und Marmor; das Streichen ist NW. (hor.

6—7), das Fallen sehr wechselnd, häufig vertical und die cretacischen Schichten reichen in discordanter Lagerung bis zur Höhe des Gebirgszuges.[3]

Erosionsreste der Kreideformation ragen aus dem Delta des Amu Darja hervor; sie sind gleichsam die Vorposten des Ust-Urt. An der Westseite der grossen Tafel zeigt sich aber eine Fortsetzung des NW. streichenden Gebirges. Sie bildet die Halbinsel Mangischlak. Es ist eine regelmässige, NW. streichende Antiklinale, deren mittleren Sattel der aus petrefactenleerem Quarzit und Thonschiefer bestehende Kara-tau bildet; in den Thälern gegen N. und S. tritt die Juraformation und der cenomane Horizont der Phosphorite hervor; die beiden Ak-tau, d. i. weissen Berge, gegen N. und S. gehören der oberen Kreide an. Auf der Höhe des Kara-tau traf Barbot eine horizontale sarmatische Scholle.[4] Hienach würde diese Falte jünger sein als Scheich-Djeli.

Im Anschlusse an Mangischlak unterscheidet Karpinsky in S. Russland eine breite Zone, in welcher Dislocationen nach der Richtung NW. oder WNW. vorkommen[5] (*m, m* Taf. V). Das erste und auffallendste Beispiel ist die genau in der Fortsetzung des Kara-tau auf Mangischlak erfolgende Faltung der Carbonablagerungen des Donetz. Das Streichen ist NW. und zeigt sich auf eine grosse Erstreckung; bis an den Fluss Orel sind die Fortsetzungen durch Bohrung erwiesen. Andere Fälle von Dislocation mit demselben Streichen werden aus den Gouvernements Charkow und Jekaterinoslaw, von Isatschkj, Bezirk Lubny im Gouv. Pultowa, und nach Feofilaktoff auch von Kanew am Dnjestr, Gouv. Kiew, angeführt, ja derselbe Beobachter rechnet in diese selbe Zone paralleler Störungen auch das in NW. streichende Falten gelegte Sandomirer Gebirge in Polen, welches mehrere Hundert Kilom. von dem westlichsten der genannten Punkte, Kanew, entfernt ist. —

Mag nun diese Voraussetzung eine tiefere Begründung finden oder nicht, so ist doch sicher, dass von Alai über Nura-tau, über Scheich-Djeli, Mangischlak und das Kohlengebiet des Donetz hinaus noch eine Anzahl von untergeordneten Störungen nach derselben Richtung erfolgt. Auch cretacische Schichten nehmen

an ihnen theil, und mit Recht betont Karpinsky, dass dennoch in der Nähe das Silur am Dnjestr und das Devon in Orel und Woronesch horizontal bleiben. Im Allgemeinen werden aber hier unterschieden: eine Gruppe von sehr alten N. und NO.-Störungen im archaischen Gebirge, welche gänzlich abradirt und von flachen paläozoischen Sedimenten überlagert sind; eine zweite Gruppe, NW. streichend, parallel dem Kaukasus, welcher auch Mangischlak zufällt. von verschiedenem Alter, doch gewiss von gemeinsamem Ursprunge; endlich vielleicht eine noch jüngere Gruppe, vertreten durch die Ergenihügel, welche fast meridional oder NNO. streichen.

Die zweite Gruppe ist es, welche den grossen asiatischen Zügen entspricht.

Paropamisus — Kaukasus. Der flache Bogen des Paropamisus setzt sich in gerader, nordwestlicher Richtung durch die Bergzüge von Sarachs, den Kopet-dagh und den Kjurjan-dagh fort. Der letztere Zug ist 2—3000 Fuss hoch; Sievers, welcher denselben bei der Festung Kizil-Arwat kreuzte, fand sarmatische Vorberge und auf der Höhe des Passes lichtgrauen Kalkstein der oberen Kreide; ältere Felsarten sind noch nicht bekannt.[6]

An den Kjurjan-dagh schliesst sich unmittelbar die Höhe des kleinen Balchan und dann in geringer Entfernung der grosse Balchan und die Gebirgsgruppe des Busens von Krasnowodsk.

Nach Koschkul's Untersuchungen bilden die Gebirge des Busens von Krasnowodsk sammt dem grossen Balchan eine gemeinsame, gegen WNW., genau in der Richtung des Kaukasus streichende Antiklinale, deren südlicher Theil zum grössten Theile eingestürzt ist. Der grosse Balchan, an dessen westlichem Rande sich der Dagh-dirim-burun 5650 Fuss über den Kaspi erhebt, ist der östliche, stehen gebliebene Theil des Südschenkels und seine Schichten neigen gegen Süd. Die Mitte des Sattels liegt unter dem Busen von Krasnowodsk und dem Balchan'schen Busen und setzt sich am Lande in der Richtung der Festung Tascharwat-Kala am NW.-Fusse des grossen Balchan fort. Die tiefsten sichtbaren Felsarten bilden die niederen, O.—W. streichenden Vorgebirge in der Nähe von Krasnowodsk; Koschkul bezeichnet

sie als Granit und Grünstein; Dölter und Tietze halten den letzteren für einen älteren Porphyrit. Die nördlich folgenden Bergzüge, der Kuba-dagh, dessen Fortsetzung die Insel Dagh-ada bildet, der lange Gebirgszug Kjurre und seine östliche Fortsetzung, der Koscha-seira, bilden den Nordflügel der Antiklinale und sind gegen N. geneigt. Im Kuba-dagh erscheinen gypsführende Schichten; Kjurre besteht aus Thonschiefer und glauconitischem Sandstein, und der letztere ist es wohl, welchen Sievers im Koscha-seira für cretacisch erklärt.[7]

Diese kleine Gebirgsgruppe ist durch zwei Umstände ausgezeichnet; erstens bildet sie, wie ein unterseeischer Rücken deutlich anzeigt, die Fortsetzung des Kaukasus und somit die Verbindung desselben mit den langen, zum Paropamisus sich streckenden Zügen, und ferner liegt an ihr, wie Karelin schon vor Jahren nachwies, die alte Mündung des Oxus. Der grosse Strom floss zwischen dem grossen Balchan und dem kleinen Balchan und scheint sich dann in zwei Arme getheilt zu haben, die das grosse Delta umfassten, welches heute die flache Halbinsel Dardscha bildet. Diese ist über dem versenkten südlichen Schenkel der Antiklinale, nämlich über der unterirdischen Fortsetzung des grossen Balchan abgelagert.

Südlich vom trockenen Bette des Oxus bis an das Meeresufer und die Insel Tscheleken, sowie auch weiter gegen Süd liegen die erdölreichen Ablagerungen dieser Gegend. —

Nun ist der Kaukasus erreicht, und es entsteht die Frage, ob in diesem mächtigen Gebirgszuge die tangentiale Bewegung ebenso wie in den centralasiatischen Ketten, als deren Fortsetzung er sich darstellt, nach Süd gerichtet sei. Die Antwort ist, dass der Kaukasus ein höchst eigenthümliches, von dem einfacheren Baue anderer Ketten abweichendes Gefüge besitzt. Die Erkenntniss desselben ist uns durch Abich's jahrelange und umfassende Forschungen eröffnet worden.[8] Es ist unumgänglich in manche Einzelheit der Angaben Abich's einzugehen, da sie für das Verständniss der Gebirgsbildung im Allgemeinen von hoher Bedeutung sind, und es wird sich hiebei zugleich zeigen, dass jene einfachere Auffassung des Kaukasus als einer einseitig gegen N. und NO.

bewegten Kette, welche ich meinte aus Favre's Untersuchungen in diesem Gebirge entnehmen zu können, wohl in gewisser Richtung berechtigt ist, aber doch den bezeichnenden Grundzug des Aufbaues nicht in sich begreift.[9]

Es sind zwei Gebiete vorhanden, in welchen altkrystallinische, hauptsächlich granitische Felsarten auftreten, welche als die archaische Unterlage angesehen werden dürfen. Das erste Gebiet gehört dem hohen Hauptkamme des Kaukasus an und reicht von den Quellen des Kuban bis zu jenen des Terek; es ist die schneebedeckte Hochregion zwischen Elbrus und Kasbek. Das zweite Gebiet archaischer Felsarten liegt tief unten an dem südlichen Fusse und bildet dort die Wasserscheide zwischen dem Pontus und dem Kaspi. Sein Streichen ist gegen NO. gerichtet und folglich von jenem des Kaukasus gänzlich verschieden; das Gepräge der begleitenden sedimentären Schichten entspricht den taurisch-armenischen Gebirgen; an seiner Ostseite sieht man mittelcretacische Schichten den archaischen Felsarten übergreifend aufgelagert. Dies sind die meskischen Berge. Wir betrachten sie als eine dem Kaukasus fremde Gebirgsbildung; sie werden erst an späterer Stelle wieder erwähnt werden. —

Nach dieser Abscheidung der meskischen Berge suchen wir von Nord her uns dem Kaukasus zu nähern. Wir treffen zunächst auf die bis zu 2500 (engl.) Fuss sich erhebende sarmatische Tafel von Stawropol, auf den quellenreichen Bezirk von Piätigorsk mit dem vereinzelten Eruptivstocke des Besch-tau und weiter gegen SO. zwischen dem Terek bei Mosdok und Wladikawkas erheben sich zwei lange Rücken, welche dem Kaukasus parallel laufen und nach Koschkul's Profilen durch sarmatische Faltungen entstanden sind.[10] —

Die erste Zone des Kaukasus besteht aus einer mächtigen, concordanten Serie, welche Sedimente vom Alter des Lias bis zur oberen Kreide und streckenweise noch etwas aufgelagerten Flysch umfasst. Diese Zone ist im Allgemeinen normal gegen NO. geneigt. Im Meridian des Elbrus ist ihre Neigung flach und sehr regelmässig; noch auf 60 Kilom. nordwärts vom Kamme des Gebirges ist durch die Erosion unter derselben die archaische Unterlage sichtbar, deren Oberfläche auch flach gegen Nord geneigt

ist und als die ursprüngliche Anlagerungsfläche der liasischen Sedimente angesehen wird. Gegen Wladikawkas verengt sich diese Zone, aber weiter im SO., im Daghestan, nimmt ihre Breite zu; hier ist sie in parallele Sättel und Mulden gefaltet, welche in mancher Beziehung an den Bau des Juragebirges erinnern. Die ganze gefaltete Zone steigt hier gegen Süden zu immer grösseren Höhen an und kehrt die steilen Schichtenköpfe der einzelnen Abtheilungen des geschichteten Gebirges in langen Reihen gegen Süd. Einzelne Tafelberge erheben sich als die Vorlagen dieser Schichtenköpfe bis zu 8000 Fuss und endlich erreichen sie in der Tafelzone des Schach-dagh sogar die Höhe von 12.041 F. Hier ist es, wo die sarmatischen Schichten, in Thäler der älteren Sedimente eingedrungen, bis zu 7170 Fuss emporgetragen worden sind.

Von den Höhen des Schach-dagh sinkt der südöstliche Kaukasus in gewaltigen Staffelbrüchen südwärts zur Niederung des Kur herab. Hier liegt das grosse Senkungs- und Schüttergebiet von Schemacha und Nucha bis Elisabethpol und Schuscha. Hier bildet diese einzige, nordwärts geneigte und gefaltete, südwärts gebrochene Zone den gesammten Kaukasus. Archaische Felsarten sind hier gar nicht sichtbar; die Faltung des Daghestan ist augenscheinlich durch nordwärts gerichteten Seitendruck hervorgebracht.[11]

So weit also, im ganzen Südosten, stimmt das Bild eines nordwärts gefalteten und südwärts eingesunkenen Gebirges mit der Natur überein. Anders ist es gegen Nordwest.

Die archaischen Felsarten, welche den Kamm des Hochgebirges zwischen Elbrus und Kasbek zusammensetzen, fallen in schroffen, schneegekrönten Wänden gegen Süden ab, und unter ihnen tritt ein mächtiges Band von altem Schiefer hervor, welches O. vom Adaï-Choch (12.250 Fuss) sogar an Höhe den Granit übertrifft, indem dieser gegen die Nordseite des Gebirges zurücktritt. Dieses Band von altem Schiefer ist gegen NO. unter den Granit geneigt, so dass die gesammte Masse des Kaukasus in diesem Theile als eine ungeheure, gegen SW. überschlagene Falte erscheint.

Die Schiefermassen der Südseite haben dasselbe Fallen gegen NO. wie die Jura- und Kreideschichten des Nordabhanges,

und deshalb hat Abich das Recht zu sagen, ‚das eigentliche Grundgesetz des Kaukasus sei isoklinales Fallen gegen N. und NO.‘ [12]

Diese Schiefer sind zunächst an dem Granit alte Glimmerschiefer und Chloritschiefer; die Hauptmasse ist Thonschiefer, welcher von Favre für paläozoisch gehalten wird, während Abich den Mangel aller Versteinerungen hervorhebt und geneigt scheint, einen grossen Theil desselben noch dem kohlenführenden Lias zuzuzählen. Weiter gegen Süd, gegen den oberen Ingur, geht die überstürzte Lage des Schiefers in Fächerstellung, endlich in spitze Falten aus, welche sicher schon den Lias umfassen. Auf diese folgt steiler Bruch im oberen Rion und eine neue, mit der sarmatischen Stufe beginnende, nordwärts geneigte Serie, welche unter verwickelten Verhältnissen, die ich hier zu besprechen nicht unternehmen kann, die orographische Verbindung mit den meskischen Bergen herstellt. Diese nordwärts geneigte Serie trägt aber nicht mehr das Gepräge der kaukasischen, sondern jenes der südlichen, taurisch-armenischen Ablagerungen an sich, welche durch ihre Aehnlichkeit mit den Ostalpen ausgezeichnet sind.

So zeigt uns der Kaukasus zwei Theile von verschiedener Gestaltung, deren Structur sich aber nur dadurch unterscheidet, dass die Unterlage der gemeinschaftlichen nördlichen Serie von jurassischen und cretacischen Schichten in dem NW. Theile des Gebirges als eine südwärts überworfene Falte sichtbar bleibt, während diese selbe Unterlage in dem SO. Theile des Gebirges unter die Ebene des Kur hinabgesunken ist.

Da und dort treten an den Brüchen eruptive Felsarten hervor. Der Hauptkette sind die beiden gewaltigen Eruptivmassen des Elbrus (18.453 engl. Fuss) und des Kasbek (16.553 Fuss) aufgesetzt. Schon vor langen Jahren, als ein anderer Kreis von Anschauungen die Arbeiten der Geologen beherrschte, sah Abich, dass die grossen Vulcane Armenien's auf Einbruchsfeldern stehen, und erkannte er deutlich, dass Elbrus und Kasbek, obwohl auf den Kamm des Kaukasus gestellt, doch der Erhebung des Gebirges und selbst der Austiefung eines Theiles der Thäler erst nachgefolgte Bildungen seien. So klar war diesem Beobachter damals schon die Reihenfolge der Ereignisse, dass er zeigen

konnte, wie durch die Ergiessung grosser Massen von Laven in ein Erosionsthal des Schiefers, durch die Erstarrung dieser Laven in dem Thale und durch die spätere allmälige Zerstörung der einstigen Thalränder, endlich aus einem Thale der Schieferzone die vulcanische Hochfläche von Keli entstanden ist.

Von diesen dem Kaukasus aufgesetzten Vulcanen gilt aber wieder, was von den sumatranischen Vulcanen gesagt worden ist; es ist das Zerbrechen der Kette selbst, welches hier um so weniger Erstaunen erregen wird, als ja im Südosten ein so grosser Theil derselben Kette thatsächlich bereits eingebrochen und versunken ist.

So sahen wir auch jenseits des Kaspi die monoklinale Bergreihe von Krasnowodsk unter ähnlichen Verhältnissen gegen NO. geneigt wie die weit grössere des Daghestan. —

Der nordwestlichste Theil des Kaukasus sinkt als ein Flyschzug bei Anapa unter das Schwarze Meer, nachdem zuvor gegen NNW. ein Rücken abgezweigt ist, dessen äusserster, niedrigster Theil den S. Rand des Liman von Temrjuk am Asow'schen Meere bildet.

Nun tritt eine Anzahl sarmatischer Falten auf, welche quer über die Halbinseln von Taman und von Kertsch ziehen, deren Kenntniss wir ebenfalls Abich verdanken, und an welche sich eine Anzahl allgemeiner Folgerungen knüpft.[13]

Die nördlichen Falten laufen von Ost gegen West; zwei derselben kreuzen die Meerenge und ziehen N. und S. von der Stadt Kertsch hin, so dass diese Stadt in der Synklinale liegt. Gegen Süd aber nehmen diese Falten, und zwar schon vom Liman des Kuban auf Taman angefangen, allmälig eine Krümmung gegen SW. an; zu diesen gehört auch der Berg Opuk (das alte Cimmerium), 570 Fuss hoch an dem südlichen Ufer der Halbinsel von Kertsch.

Dieses allmälige Hervortreten der Richtung gegen SW. fasse ich aber als das Erscheinen der Vorlagen eines neuen Gebirgszuges oder als die Beugung des Kaukasus selbst auf; es ist die Richtung der Berge der Krim. Nach Abich's Profilen scheinen sogar die pontischen Cardienschichten von Kertsch an diesen Faltungen theilgenommen zu haben.

In jedem Falle stellen die Faltungen von Taman und Kertsch eine Verbindung von Kaukasus und Krim her.

In dem SO. Theile der Krim reicht ein Gebirgsfragment bis zur Höhe von etwa 1500 M.; sein Streichen ist SW. und die allgemeine Neigung gegen NW. Die ältesten Gesteine gehören dem Lias an, welcher die SO.-Küste der Halbinsel bildet, und er enthält zahlreiche Reste von Landpflanzen, wie der Lias des Kaukasus. Es würde auch ohne Weiteres dieses Gebirge als die Fortsetzung der nördlichen Zone des Kaukasus anzusehen sein, wenn nicht, wie E. Favre gefunden hat, zwei wesentliche Verschiedenheiten bestehen würden. Im N. Kaukasus liegen nämlich bis Daghestan alle sedimentären Formationen vom Lias aufwärts vollkommen concordant auf einander; in der Krim dagegen ist der Lias stark gefaltet, mit nördlicher Neigung; die Kalke des Jura liegen in grossen gebrochenen Schollen auf dem Lias, und mit dem Neocom erst beginnt die concordant gelagerte Serie. Es ist also hier dem Neocom eine grosse Störung vorangegangen, welche dem N. Kaukasus fremd ist. Ferner liegt in der Krim auf der Kreide Nummulitenkalk, und dieser fehlt dem N. Kaukasus.

Aus diesen Gründen vergleicht Favre die Krim nicht dem nördlichen, sondern dem südlichen Kaukasus, d. i. den meskischen Bergen, welche wir jedoch als ein SW. streichendes, dem Kaukasus fremdes Gebirge kennen gelernt haben. Favre betont zugleich den einstigen Zusammenhang des Balkan mit dem Gebirgsstücke der Krim. Für diese letztere Ansicht, welcher sich auch Lagorio anschliesst, wird angeführt, dass die Bruchzone, an welcher nach Hochstetter der Balkan von Pirot bis Cap Emineh südwärts absinkt, in weiterer Fortsetzung unmittelbar die SO.-Küste der Krim treffen würde, und dass unter dem Schwarzen Meere von Cap Emineh bis Cap Saritsch ein grosser Abfall, und zwar von Tiefen von 70—80 M. auf 1000—1800 M. auf verhältnissmässig geringe Entfernungen vorhanden sei. Der Einbruch wird in die Miocänzeit gesetzt.[14]

Das Gebirge von Matschin. Ueber die russische Tafel breitet sich eine oberjurassische Transgression aus; Neocom und Gault fehlen, aber mittlere und obere Kreide legen sich flach über

den flachgelagerten Jura. Dasselbe zeigt sich in jenem Theile der russischen Tafel, welcher in Galizien in der Nähe der Karpathen durch tiefe Flussrinnen entblösst ist. Ueber flachgelagertem rothem Sandstein ruht mittlere und obere Kreide, aber an einigen Stellen in den Thälern des Dnjestr und der Złota Lipa liegen zwischen Cenoman und Devon kalkige Ablagerungen mit vielen Fossilien der norddeutschen und französischen Kimmeridge- und Portlandstufen. Die Entwicklung dieser Jurastufen ist gänzlich verschieden von jener des Jura bei Moskau, auch könnten sie im Alter nur den höchsten Theilen des Moskauer Jura verglichen werden, aber die Lagerung ist dieselbe. In einem Theile der Dobrudscha, und zwar an der Donau von Rássova bis Hirschova, am Meere in der Gegend von Küstendsche und der zwischenliegenden Strecke wiederholt sich diese Erscheinung. Bänke von oberem Jura mit Nerinaea, Pteroceras und Diceras kommen in ansehnlichen, horizontal geschichteten Riffen an dem rechten Donauufer zum Vorschein und die mittlere und obere Kreide liegen ihnen auf. Diese jurassische Kalkplatte ruht aber hier nicht auf flachgelagerten paläozoischen Schichten, sondern sie schliesst sich an die Reste eines vorjurassischen, gefalteten Gebirges, dessen nordwestliches Ende gegenüber von Braila und Galatz die scharfe Beugung der Donau oberhalb ihres Delta's veranlasst. Spratt und Peters haben dieses Bruchstück beschrieben.[15]

Bei Kara-kiöi N. von Küstendsche trifft man, von Süden kommend, die ersten Spuren von steil geneigtem grünem Schiefer, welcher von hier aus gegen NW. bis Petschenjaga an der Donau, häufig von Diabas-Tuff begleitet, in ansehnlichen Rücken hervortritt. Entlang dem Meere ist das Streichen des grünen Schiefers WNW., und es geht gegen die Donau in NW. über. In der Richtung gegen Babadagh breitet sich die Kreideformation über den Schiefer aus und sie reicht in SO. bis in die grosse Lagune Rasim.

Ein zweiter, weit kürzerer Gesteinszug, durch schroffe Formen ausgezeichnet und von Gneiss und Granitit gebildet, erhebt sich bei Matschin O. von Braila mit der Richtung NW.; hieher gehört auch der isolirte Berg von Garbina SO. von Galatz.

Eine dritte Zone endlich liegt nördlich von dem Gneisszuge von Matschin und der Kreide von Babadagh und nimmt, wenn

auch auf grosse Strecken von den jungen Sedimenten verhüllt, den ganzen Raum bis an die Donau bei Isaktscha und Tuldscha und bis an den Dunavez im Delta ein. Hier erscheinen Verrucano, verschiedene Stufen der Trias, dann rother Lias und Spuren von Jura. Der Verrucano bildet den ‚Stein' an der Donau bei Tuldscha und weit draussen im Meere besteht nach Spratt die Schlangen-Insel auch aus einer alten Felsart.[16] Die Popin-Insel in der Lagune Rasim ist Muschelkalk, und die Trias erinnert durch grosse Melaphyrstöcke, durch das Auftreten von Halobia Lommeli, Arcestes u. s. w. an südalpine Vorkommnisse. Das Streichen ist WNW.

Dieses Gebirge ist ein ganz unaufgeklärtes Räthsel. Während die Gesteinsfolge, wie gesagt, auf die Alpen weist, ist das Streichen des grünen Schiefers N. von Küstendsche, sowie der Trias bei Tuldscha jenes des Kaukasus; der Gneiss von Matschin streicht noch etwas mehr nach Nord. Die Richtung steht also in scharfem Gegensatze zu dem zunächst liegenden Theile der Karpathen. Ebenso widerspricht die horizontale Auflagerung des oberen Jura auf dem grünen Schiefer Allem, was über das geringe Alter der Bewegungen in den Karpathen bekannt ist.

Das Gebirge von Matschin ist daher ein Bruchstück eines grösseren Faltenzuges von kaukasischer oder etwas mehr nördlicher Richtung, doch mit alpiner Gesteinsfolge und der Hauptsache nach bereits vor dem oberen Jura gebildet.

Karpathen und Balkan. Erst seit ganz kurzer Zeit ist es durch die Bemühungen der Fachgenossen in Ungarn, Rumänien und Serbien und durch die Anknüpfung ihrer Ergebnisse an jene der älteren österreichischen Arbeiten und an die verdienstlichen siebenbürgischen Localforschungen möglich geworden, die vielen an den karpathischen Bogen anschliessenden Ketten und die Mittelglieder zwischen diesen und dem Balkan zu verfolgen. Wir gelangen zu dem Bilde einer eigenartigen tektonischen Erscheinung, wie sie in gleicher Klarheit und Grossartigkeit bisher an keiner anderen Stelle der Erdoberfläche bekannt ist, aber es wird auch hier unerlässlich, etwas weiter in die Einzelheiten einzugehen.

Es ist innerhalb des karpathischen Bogens, und zwar in Siebenbürgen innerhalb der Krümmung des Marosflusses, nach Lóczy's Beobachtungen ein selbständiges, inneres, gegen O., SO. und S. bewegtes Bogenstück erwähnt worden (S. 288, 303). Wir wollen nun zuerst versuchen, die Umstände, unter welchen der äussere Bogen sich fortsetzt, so weit zu verfolgen, als dies der heutige Stand der Kenntnisse von dem Baue des rumänischen Abhanges zulässt. Für das SO. Siebenbürgen liegt eine Reihe trefflicher Darstellungen von Meschendörfer, Hauer und Stache, und Herbich vor; in Bezug auf den südlichen Abhang werde ich im Wesentlichen den Angaben Stefanescu's folgen.[17]

Die Karpathen besitzen im Osten den normalen Bau einer einfachen, gegen Aussen gefalteten und gegen Innen eingestürzten Kette. Ein grosser bogenförmiger Zug von alten Felsarten, vorwaltend Glimmerschiefer, streckt sich von den Quellen der Theiss durch die südliche Bukowina, einen Theil der Moldau und das NO. Siebenbürgen, und endet in der Csik, im Quellgebiete des Altflusses. Dieser Zug ist 230 Kilom. lang; er streicht in seinem nördlichen Theile gegen SO., weiterhin mehr und mehr gegen SSO. sich beugend. In seinem südlichen, siebenbürgischen Theile erhebt sich an dem westlichen Innenrande der vereinzelte, aus Elaeolith-Syenit bestehende Stock des Piritske bei Ditró und diesem folgt westwärts, dem Schieferzuge parallel streichend, das lange Trachytgebirge Hargitta. — Im Osten lehnt sich an die alten Felsarten ein kurzer und schroffer Zug von Trias- und Juraablagerungen, den Nagy Hagymás in sich fassend, und diesem folgt ostwärts, weit hinaus abdachend in die Ebene der Moldau, die breite, bewaldete, vielfach gefaltete Flyschzone.

Weiter gegen Süd verschwinden alle inneren Zonen; der hier vorherrschend cretacische Flysch bleibt allein zurück, begleitet von cretacischem Kalkstein. Das Streichen wird aus SSO. bald S., endlich geht es in SSW. über. An der Dimbowitza, zwischen Kimpulung und Tirgovisti, ist diese ganze breite, cretacische Zone unter der rumänischen Ebene verschwunden, und es folgen gegen W. nur eocäne Schollen, von welchen weiterhin die Rede sein wird. Unterdessen tauchen im Westen neue Spuren der Unterlage hervor. Stöcke von Jurakalk, nach SW. streichend, bilden

die Umgegend von Kronstadt; sie setzen sich gegen SW. fort, so dass der Tömöspass eine Strecke weit an ihrer Ostgrenze gegen die Flyschzone verläuft, und zugleich nehmen sie an Bedeutung zu. Die mächtige Masse des Bucsecs, welche die nördlichen Zugänge des Tömöser und des Törzburger Passes trennt, ist zum grossen Theile jurassisch; ein anderer Theil gehört einer grossen Conglomeratmasse von unbekanntem Alter an. Ueber La Strunga setzt der Jurakalk nach Rumänien fort, aber auch die Unterlage des Jurakalkes wird sichtbar. Es ist gegen SW. streichender Glimmerschiefer, welcher im Norden einen schmalen Saum am Fusse der hohen Juraberge bildet, in Rumänien aber sich erweitert und nach Stefanescu, von Hornblendeschiefer begleitet, die Masse des M. Leota zusammensetzt; gegen SW. verschwindet er wieder, ebenso wie der Jurakalk.

Westlich von dem Zuge des M. Leota erscheint nochmals eine Zone von Jurakälk- und Kreideablagerungen, welcher vor Allem die schroffe Masse des Königsberges angehört, und welche angelehnt ist an den östlichen Rand des aus alten Felsarten aufgebauten Fogarascher oder siebenbürgisch-rumänischen Grenzgebirges. Nahe dem N. Fusse des Königsberges beschreibt Herbich eine breite, NS. streichende und gegen O. geneigte cretacische Serie, welche vom Grenzgebirge her alle geringeren Höhen unter dem Törzburger Passe bildet. Diese jurassischen und cretacischen Bildungen setzen sich nordwärts fort, treten über den allgemeinen Umriss des Gebirges hervor und bilden einen langen, von dem nordöstlichen Ende des Grenzgebirges gegen Nord selbständig vorragenden Sporn, das Persánygebirge.

Das Persánygebirge ist eine fast NS. streichende Falte, welche vom Altflusse quer durchschnitten wird, und in welcher unter dem Jura die Trias, im südlichen Theile sogar der Glimmerschiefer sichtbar ist. Herbich hat gezeigt, dass die mesozoischen Ablagerungen an dem Ostrande des Grenzgebirges sich fortsetzen in die Falte des Persánygebirges; dann sind aber auch die Aufbrüche ihrer alten Unterlage im Persánygebirge nur als die scharf nach N. gebeugte Fortsetzung des Grenzgebirges selbst anzusehen. Dass diese Anschauung die richtige ist, wird sofort die Structur des Grenzgebirges lehren.

Vorläufig aber erkennen wir Folgendes. Der grosse Moldau'sche Bogen von Glimmerschiefer ist in der Csik verschwunden. Noch früher verschwand seine aus Trias und Jura bestehende Aussenzone. Die grosse karpathische Flyschzone hat die Beugung gegen SSW. oder SW. vollzogen und ist hinabgetaucht, bevor sie die Dimbowitza erreichte. Ein jurassischer Zug und innerhalb desselben der alte Schieferzug des M. Leota zwischen dem Tömöser und Törzburger Passe sind mit SSW. oder SW. Streichen innerhalb der Flyschzone erschienen und auch gegen SSW. verschwunden. Dann ist W. von diesen der Jurazug des Königsberges sammt dem Persánygebirge erschienen und ebenfalls gegen SSW. verschwunden; die Glimmerschiefer-Aufbrüche dieses Gebirges aber scheinen sich in die NO. Ecke des Grenzgebirges fortzusetzen, und dieses haben wir nun näher zu betrachten. —

Das Fogarascher oder siebenbürgisch-rumänische Grenzgebirge verfolgt seiner äusseren Gestalt nach die Richtung von Ost gegen West; aber vor einiger Zeit hatte Herr Béla v. Inkey, welcher den Bau des westlich vom Rothen Thurmpasse, d. i. W. vom Querthale des Altflusses gelegenen Theiles untersucht hat, die Güte, mich auf den merkwürdigen Umstand aufmerksam zu machen, dass dieser Gebirgszug aus mehreren Falten besteht, welche gegen West auseinandertreten.[18]

Schon die verdienstliche Darstellung des zwischen der Dimbowitza und dem Altflusse liegenden Gebirgstheiles durch Primics lässt deutlich erkennen, wie wenig hier der Bau mit der äusseren Gestalt übereinstimmt.

Nach Hauer und Stache ist in dem östlichen Theile des Gebirges das Streichen NO.—SW. und bildet Gneiss dort einen beträchtlichen Theil des Gebirges.[19] Etwas weiter gegen SW., aber in derselben Streichungsrichtung, an der Papusa, im oberen Bogen der Dimbowitza, W. von der mesozoischen Masse des Königsberges und beiläufig in der Mitte der Breite des Gebirges beginnt nach Primics ein langer Gneisszug, welcher, gegen SW. streichend, das Gebirge schräge durchschneidet. Er erreicht schon weit östlich vom Altflusse den südlichen Rand, welchen er dann, von eocänen Vorlagen begleitet, über den Altfluss hinaus eine lange Strecke weit bildet (*Gn*, Fig. 48).

Zugleich zeigt sich im Norden des Gebirges eine Anzahl von Zügen von schiefrigem Kalkstein und Marmor mit Tremolit, auch staurolith- und granatführenden Gesteinen und Amphibolschiefer, welche die orographische Axe bilden, jedoch dem Streichen des Gneisszuges nicht folgen.

Primics' Karte lehrt, dass im NO. diese so sehr an gewisse Felsarten der Gotthardmasse erinnernden Züge scharf gegen N., also in der That in der Richtung des Einlenkens in das Streichen des Persánygebirges umbeugen, während sie gegen W. westliches Streichen verfolgen und daher im Querthale des Altflusses schon weit von dem Gneisszuge entfernt sind.[20]

In der Tiefe des Querthales, nahe der Einmündung des Lotru in den Alt, liegt eine grössere Scholle von Flysch als eingekeilte Synklinale, doch wahrscheinlich nur ein Rest einer alten eocänen Decke, deren Spuren am Nordrande und in noch ausgedehnterer Weise an seiner Südseite, in vereinzelten Höhen sogar bis nahe an den Schlyfluss, O. von Tirgu-Jiuliu, bekannt sind.[21]

Wir treten nun im Gebirge an das rechte Ufer des Altflusses und folgen Inkey's Angaben.

Der nördliche kalkreiche Zug beugt sein Streichen gegen NW., verliert seine orographische Bedeutung und bildet den äusseren Saum des Mühlenbacher Gebirges. Wir werden ihn den Fogarascher Zug nennen.

Eine nun folgende, bei Kineni am Alt sichtbare, stark zusammengedrückte Synklinale erhebt sich gegen W., bildet den hohen und langen Gebirgskamm und endet am Strellflusse.

Eine weitere, am Alt wenig ausgeprägte Gruppe von Falten vereinigt sich westwärts zu einer grossen Antiklinale, welche, am M. Turcsino durch eine scharfe, S-förmige Beugung nach Süd gerückt, den Hauptstock des Páringgebirges, den Berg Mundra (2520 M.) zusammensetzt. Dieser Ast zeigt insbesondere gegen West eine beginnende Ablenkung des Streichens gegen WSW. Dies ist der Mundrazug.

Nun sind wir am Alt in der Nähe der Mündung des Lotru, an der Scholle von Flysch, zugleich an dem südlichen Gneisszuge angelangt. Dieser tritt nicht als hoher Bergzug hervor. Am M. Cozia, noch am linken Ufer des Alt, ist er ein nach N. steiler,

nach S. flacher abfallendes Gewölbe; er bildet den Südfuss des Páringgebirges, aber hier ist nur mehr die nördliche Hälfte des Gewölbes sichtbar; die Südhälfte ist unter der Ebene verschwunden. Wir nennen ihn den Coziazug.

Die Schollen mesozoischer Kalksteine, welche sich nun einstellen, lassen keinen Zweifel über den weiteren Verlauf. Der Mundrazug, welcher sich jenseits des Querthales des Schyl in dem SW. streichenden Strászagebirge fortsetzt und welcher folglich den Südrand des Thales des wallachischen Schyl bildet, ist jenseits der Wasserscheide von solchen mesozoischen Schollen begleitet, welche, weit gegen SW. und SSW. dem Thale der Cerna



Fig. 47. Schematischer Entwurf der Leitlinien der Karpathen und des Balkan.

folgend, endlich mit S. Streichen in der Nähe von Orsowa anlangen. Während also der Fogarascher Zug gegen NW. verläuft, beugt sich der Mundrazug aus SW. und SSW. in der Richtung gegen Orsowa. Ihm folgt der Coziazug, welcher aber unter der Ebene verschwindet.

Indem aber die Zweige des Gebirges auf diese Weise weit auseinanderstreben, tritt keilförmig zwischen dieselben das Retyezatgebirge ein, welches den oberen Schyl abtrennt von der Strellbucht. Inkey betrachtet dasselbe als eine stellvertretende Falte, legt die Stelle des Auseinanderstrebens beiläufig an die Stelle der Wasserscheide zwischen dem wallachischen Schyl und der Cerna und führt an, dass vom Triplex confinium angefangen ein Uebergang aus W. in WNW. Streichen sichtbar sei. —

Die Bedeutung von Inkey's Beobachtungen tritt sofort hervor, wenn man einen Blick wirft auf Drâghicénu's geologische Karte der NW. Wallachei.[22] Die Cerna ist in der That ein wahres Längenthal, hier eine der wenigen Linien, welche aus der Gestalt des Bodens seinen Bau zeigen. Wir sind hiemit eingetreten in

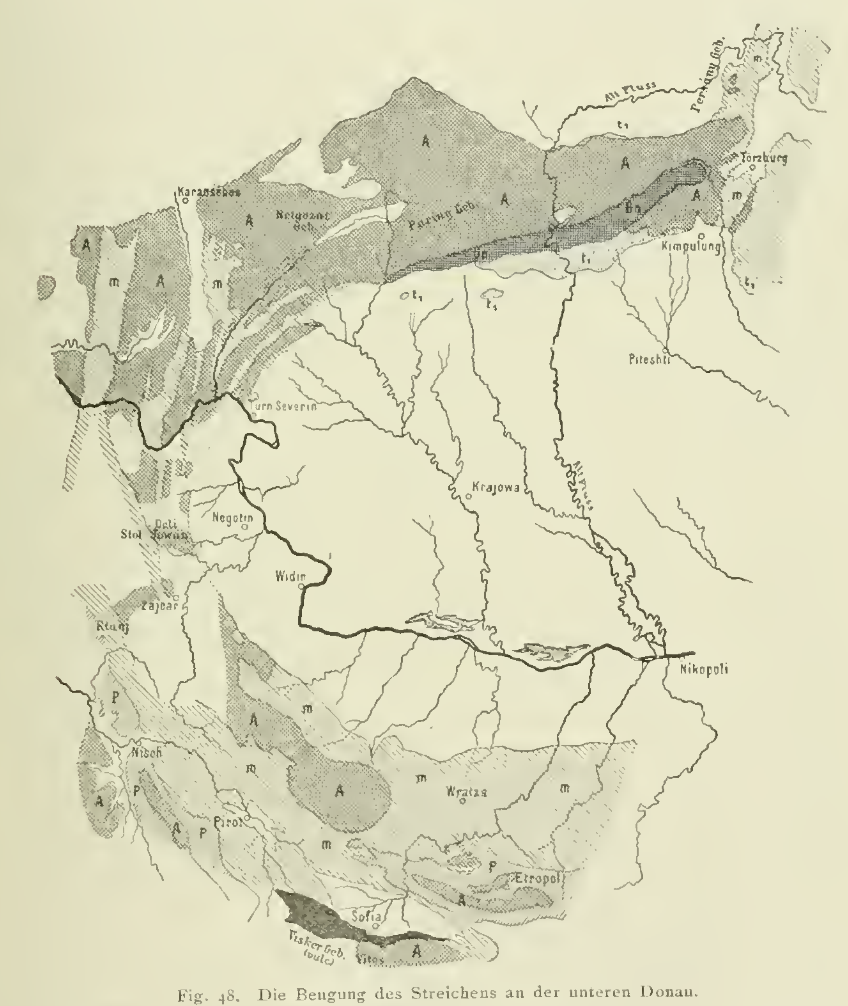


Fig. 48. Die Beugung des Streichens an der unteren Donau.
Gn Der Gneisszug des Grenzgebirges; *A* archaisch und Granit; *p* paläozoisch; *m* mesozoisch; t_1 eocän.

jene merkwürdige Reihe von Bergzügen, welche zwischen Alt-Moldowa und dem Eisernen Thore von der Donau gekreuzt werden. Sie sind im Laufe der letzten Jahre der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen von Kudernatsch, Schlönbach, Tietze, dann von Hoffmann, Böckh, Halaváts, Roth u. A. gewesen, in deren Einzelnheiten einzugehen nicht meine Absicht ist.

Die Kenntniss ihrer Fortsetzung auf rumänischem Boden gestattet weit vollständiger als zuvor, den Grundplan, nach welchem dieses merkwürdige Gebirge aufgebaut ist, zu überblicken. Von den zahlreichen vulcanischen Eruptions- und Intrusionserscheinungen wollen wir hiebei vorläufig ganz absehen.

Man pflegt dieses Gebirge das Banater Gebirge zu nennen. Demselben liegen im W. einige aus der ungarischen Ebene hervortauchende Höhen von Gneiss und Glimmerschiefer vor, wie das Lokvagebirge an der Donau zwischen Weisskirchen und Moldowa, der Werschetzer Höhenzug, die Höhen S. von Dognaczka u. A. Diese zählen wir nicht hieher, sondern lassen das Banater Gebirge beginnen an der nahezu im Meridian verlaufenden Linie von Alibeg, O. von Alt-Moldowa an der Donau bis nordwärts etwas O. von Reschitza. Gegen Ost reicht dasselbe bis Gura Vau an der Donau oberhalb Turn-Severin und von da gegen NO. bildet es die Umrandung der rumänischen Ebene.

Es ist eine archaische Unterlage vorhanden, und eine lange Reihe sedimentärer, vorwaltend kalkiger Ablagerungen, welche vom oberen Carbon bis in die obere Kreide reichen; doch ist die Reihe nicht vollständig und z. B. Triaskalk noch nicht bekannt. Der Lias ist kohlenführend. Das ganze Gebirge ist in abwechselnde Streifen zerlegt, von welchen je einer die archaische Unterlage zeigt, der andere aus einem eingekeilten Kalkzuge besteht. Bald ist an der Grenze Auflagerung sichtbar, bald Faltung oder Ueberfaltung, bald Bruch. Der letztere Fall dürfte der häufigste sein. Im Allgemeinen sind die westlichen Streifen breiter als die östlichen. Sie sind nicht parallel; die östlichen Streifen laufen im Bogen gekrümmt gegen SW., die westlichen Streifen dagegen sind weniger gekrümmt und streichen mehr NS. Daher verschneiden sich dieselben in solcher Weise, dass am unteren Laufe des Cernabaches und in der Gegend von Mehadia spitze Winkel entstehen.

Betrachten wir den östlichen Theil.

Der erste Streifen ist nach Drâghicénu's Karte nur durch zwei längere Kalkschollen vertreten, welche den Rand des nächsten gegen W. folgenden Bogens gegen das junge Tertiärland begleiten.

Der zweite Streifen ist ein archaischer; er erhebt sich selbständig östlich vom oberen Motru aus der Ebene und zieht gegen SW. zur Donau.

Der dritte ist Kalkstein; nach Stefanescu's Angabe beginnt derselbe nahe dem Gebirgsrande bei Dobritza am oberen Suchodol und läuft im Bogen nach kurzer Unterbrechung über Baia de Arama nach Verciorova an der Donau.

Der vierte Streifen, aus archaischem Gestein, ist N. von Baia de Arama verengt, umfasst den Bahnafluss und sein westlicher Rand kreuzt kurz bevor die Donau erreicht ist, den unteren Lauf des Cernabaches oberhalb Alt-Orsowa.

Nun beginnen die Verschneidungen. Ein grosser folgender Kalkzug, der fünfte Streifen, trifft am linken Ufer der Cerna auf den siebenten und schneidet so den sechsten Zug ab, welcher kein anderer ist als der grosse archaische Zug, den wir als den Mundrazug vom Altflusse her als Antiklinale bis auf die Höhe des Páringgebirges, dann als Südrand des wallachischen Schyl verfolgt haben. Die Verschneidungen vermehren sich und es ist nicht mehr möglich, sie hier im Einzelnen zu verfolgen. Es folgt im Westen der breite, von Karansebes zur Donau laufende archaische Streifen, in welchen das Einsturzbecken der Almás eingesenkt ist, und welchen wir daher die Zone der Almás nennen wollen, endlich der westlichste Streifen, nämlich die breite Kalkzone von Steyerdorf.

Dieses merkwürdige Gebirge wird nun von der Donau in dem grossartigsten Erosionsthale Europa's quer durchschnitten. Stürmisch drängt der Strom durch die engen Rinnen und fällt schäumend über die querstreichenden Riffe, um sich in den Weitungen wieder zu glätten und dann über neue Riffe abzustürzen. Sieben Katarakte und eben so viele Felsenriffe kreuzen die Donau, aus Granit oder Gneiss, aus Gabbro, Liassandstein oder weissem Jurakalk bestehend, je nach der Beschaffenheit der nach Serbien hinüberstreichenden Streifen des Gebirges.

Wir besitzen keine zusammenhängende geologische Aufnahme des benachbarten Theiles von Serbien, obwohl der Umstand, dass mit dem Gebirge auch die Erzvorkommnisse des Banates nach Serbien reichen, seit langer Zeit Fachmänner in jene

Gegenden gezogen hat. Die werthvollsten Angaben sind in Herder's Itinerarien und einem inhaltsreichen neuen Reiseberichte von Tietze enthalten,[23] und wenn man sich begnügen will, den Verlauf der archaischen und der Kalkstreifen zu verfolgen, so reichen diese Anhaltspunkte immerhin aus, um einige allgemeine Ergebnisse festzustellen.

Zunächst steht fest, dass die Kalkzone von Steyerdorf sehr weit nach Serbien fortsetzt; Tietze erkannte sie bei Majdanpek und auf dem Stol und beide Punkte gehören ihrem Ostrande an; nach Andrée verläuft der Westrand in der Nähe des Bergortes Kuczaina.[24] Aus dieser Gegend setzt der Kalkzug, wahrscheinlich gespalten, jedenfalls sehr verengt, mit SO. Streichen über den Rtanj und von dort auf den Osren oberhalb Alexinatz, wie Herder berichtet.

Der archaische Streifen der Almás, der breiteste von allen, setzt über die Donau, nimmt den ganzen Raum zwischen Milanowatz und Majdanpek ein, zieht gegen SO. zum Deli Jowan und dürfte sich dort mit einem östlichen Zuge vereinigen; südwärts trifft man dieselben Gesteine in Zajcar.

Die östlichen Bogen sind bisher in Serbien nur in unvollkommener Weise bekannt. Westlich von Negotin scheinen sie alle verschwunden zu sein.[25]

Ueberblickt man nun die Anordnung der einzelnen Elemente, aus welchen das Banater Gebirge zusammengesetzt ist, und ihre muthmasslichen Fortsetzungen gegen S., so tritt deutlich hervor, wie die stärker gekrümmten, östlichen, aus NO. herstreichenden, engeren rumänischen Streifen sich allmälig verschneiden und zum Theile nördlich, zum übrigen Theile wohl nahe südlich von der Donau verschwinden, während die breiteren, minder gewölbten westlichen Streifen sich weit nach Serbien fortsetzen und aus dem Streichen gegen SSW. oder S. allmälig in die SSO. und SO. Richtung übergehen.

So wie die grosse karpathische Flyschzone, dann die Masse des M. Leota, hierauf der Gneisszug des M. Cozia, stets gegen SW. oder SSW. streichend, unter die Ebene getaucht sind, so wie der lange Mundrazug endlich an der unteren Cerna durch Verschneidung geendet hat, ebenso verschwinden, gegen SW., SSW.

oder S. gewendet, die rumänischen Bogen des Banater Gebirges.

Stets tauchen, schon von dem Tömöser Passe her, im Westen neue Gebirgselemente hervor, um wieder zu verschwinden, und nur die westlichsten Banater Streifen vermögen die volle Schwenkung gegen SSO. und SO. zu vollziehen. Das ganze Gebirge von dem südöstlichen Siebenbürgen, rings um die Donauebene und durch das östliche Serbien hinab war einer allgemeinen Drehung des Streichens ausgesetzt.

In die Torsionssprünge, namentlich der äusseren Streifen und hauptsächlich an der Grenze der archaischen und der Kalkstreifen haben nun die zahlreichen Injectionen jener vulcanischen Gesteine stattgefunden, welche als Syenit, Timazit, Banatit, zuletzt in der Regel als Diorit bezeichnet worden sind. Mag man welchen Namen immer wählen, mag man mit einem berufenen Kenner, G. v. Rath, auf die Aehnlichkeit mit dem Tonalit des Adamello hindeuten,[27] jedenfalls ist es sicher, dass diese Felsarten den cretacischen Kalkstein im Contact verändert und sich mit Erzlagerstätten umgeben haben; sie sind daher jünger als die Kreideformation, und wie weit sie nach Süd fortsetzen, zeigt am deutlichsten der Umstand, dass die ersten genauer beschriebenen Stücke, Breithaupt's Timazit, aus der Gegend von Zajcar in Serbien stammten. Staunend berichtet G. v. Rath von ‚ganzen Gebirgskörpern von Granat', welche am Contacte entstanden sind. Die wichtigste Linie ist S. 211, Fig. 21 dargestellt worden,[28] und die Art, in welcher diese Linie der Injectionen nordwärts in sehr spitzem Winkel abspringt von der Kalkgrenze, steht in ganz gutem Einklange mit den Merkmalen eines Torsionssprunges.

Wir kehren aber zurück zu dem Streichen der einzelnen Streifen des Gebirges. Diese sind bisher als einfache Elemente des Gebirgsbaues betrachtet worden, besitzen aber oft selbst einen sehr verwickelten Bau. Kudernatsch zeigte, dass der N. Theil der Kalkzone von Steyerdorf von zwei gegen SSW. streichenden steilen Sätteln oder vielmehr von zwei ‚Aufblähungen der Erdrinde mit Berstung der Längenaxe' und mit überkipptem Ostrande durchzogen sei, und Böckh hat das Vorhandensein von grossen Längsverwerfungen in dem südlichen Theile näher beschrieben;

dort ist die Ostgrenze des Kalkes selbst eine Hauptverwerfung, welche Kreidekalk an den Granit bringt.

In gleicher Weise haben Hauer und Tietze gezeigt, dass der sedimentäre Zug des Sirinniabaches, welcher sich nahe dem Ostrande der archaischen Zone der Almás befindet, nach Ost überschoben ist.[29] In allen diesen Fällen dürfte es sich nicht um einfache Faltung, etwa im Sinne der tangentialen Bewegung im Juragebirge, sondern um jene verwickelten Bruch-, Berstungs- und Quetschungserscheinungen handeln, welche das Ergebniss der grossen Drehung sein mussten. Die wiederholten ostwärts gerichteten Ueberschiebungen aber entsprechen der Richtung der drehenden Bewegung.

Nun wenden wir uns wieder gegen Süd.

Indem der Kalkzug über die Berge Rtanj und Osran verfolgt und das ältere Gebirge bis Zajcar erkannt worden ist, haben wir die Grenzen jenes Gebietes erreicht, welches durch Toula's umfassende Arbeiten im westlichen Balkan erschlossen worden ist. Durch diese Arbeiten erst wurde die weite nordwestliche Erstreckung der archaischen Felsarten des Balkan durch den Etropol- und Berkowitza-Balkan bis in die unmittelbare Nähe von Adljé und Zajcar bekannt; an dieselben schliessen sich im Westen, bis über Kurschumlje hinausreichend, die Aufnahmen von Zujovic.[30] Das Ergebniss lässt sich nun von der Karte ablesen. Man sieht, dass die Kalkzone von Steyerdorf im Westen über den Rtanj und Osran, und vielleicht auch mit einem östlichen Nebenzuge herabreicht in die grosse Kalkzone von Pirot, wie dies Boué erkannt und Toula bestätigt hat.[31] Man sieht ferner, dass der archaische Zug der Almás, vereinigt mit östlich anschaarenden Zügen, nun die archaische Zone des Balkan erreicht, so zwar, dass die Hauptzone gegen SO. den Swati-Nikola- und Berkowitza-Balkan zusammensetzt, und im Etropol-Balkan endlich die volle Beugung aus SO. in OW., d. i. in die normale Richtung der Hauptkette des Balkan vollzieht. Dabei entsprechen der Lage nach die Glimmerschieferhöhen im Westen des Kalkzuges, am Werschetzer und Lokvagebirge in Ungarn dem Glimmerschiefer von Kruschowatz, dem alten Schiefer westlich vom Rtanj, bei Alexinatz, bis Nisch und W. von Pirot.

Die Verbindung zwischen den Karpathen und dem Balkan wird durch die allgemeine Drehung im Streichen des Gebirges hergestellt. —

Die Umrahmung der rumänischen Niederung erinnert sehr an die bogenförmige Umfassung des westlichen Mittelmeeres durch jenen entfernten Zweig der Alpen, welcher von N.-Afrika über den Felsen von Gibraltar zur betischen Cordillere zieht. Die Aehnlichkeit ist eine um so grössere, als dort die Strasse von Gibraltar von massgebender Bedeutung wird für die physische Beschaffenheit eines nicht unbedeutenden Theiles der Erdoberfläche und hier das Donauthal entscheidend ist für die Entwässerung eines guten Theiles von Mittel-Europa, ohne dass eine dieser beiden Querfurchen irgendwie in der Anlage dieser Gebirge vorgezeichnet wäre. Dennoch ist die Aehnlichkeit nur eine oberflächliche. Im westlichen Mittelmeere ist die Faltung des Gebirges nach Aussen gerichtet, die Tiefe des Meeres selbst ein Einbruch wie jener der nördlichen Karpathen. Hier findet das Gegentheil statt. Die eintretende Torsion lässt die einzelnen Streifen des Gebirges nach einander verschwinden, und der Balkan zeigt Abbruch an der abgewendeten südlichen Seite; sein sedimentärer Gürtel dacht gegen Nord zur Ebene ab. Dem westlichen Mittelmeere ist rings die Innenseite, der rumänischen Ebene aber die Aussenseite des Gebirges zugekehrt. Darum zeigt auch das Mittelmeer an seinem Rande junge Vulcane, wie am Cabo di Gata u. A., welche das örtliche Nachsinken oder doch die Region der Randklüfte andeuten, während der rumänischen Ebene ein solcher Kranz fehlt und Toula dagegen eine von Sistow gegen Süd laufende Querlinie von basaltischen Höhen nachgewiesen hat.

Aus dieser Torsion erklärt sich auch der Bau des Balkan. Die Art des nordwestlichen Anschlusses zeigt dies deutlich. Am Berkowitza-Balkan werden Fruchtschiefer erwähnt, wie wir sie an vulcanischem Contact zu sehen gewohnt sind, und Toula verfehlt nicht, die Aehnlichkeit gewisser Eruptivgesteine, z. B. im Durchbruch des Isker, mit den Banatiten zu erwähnen. An diese westlichsten Massen des Balkan lehnt sich nordwärts eine sedimentäre Zone. Bei Rabis und Belogradschik, wo sie beginnt, sind permische, triadische, tithonische und cretacische Schichten auf engem

Raume vorhanden. Weiter gegen Osten nehmen die cretacischen Ablagerungen sehr rasch an Breite zu, und sie bilden den ganzen äusseren Abhang der Aussenkette und den Untergrund der Niederung, so zwar, dass sie schon an der Mündung des Isker am Donauufer sichtbar werden. Das ist die vermöge der Torsion flach und gleichsam windschief von Belogradschik her sich allmälig aus der Ebene heraushebende Gegenschale der im Norden versunkenen karpathischen Kreidezone. Sie ist stellenweise in Längsfalten gelegt, doch nirgends überfaltet. Südwärts folgt derselben eine wenig entwickelte Zone von älteren mesozoischen, namentlich jurassischen Sedimenten, eine noch geringere Vertretung der paläozoischen Ablagerungen und dann die krystallinische Zone des Balkan.

Mit diesen Felsarten ist jene ausserordentliche Bruchzone erreicht, welche nach Hochstetter's Angabe den ganzen Südrand des Balkan von Pirot bis Cap Emineh am Schwarzen Meere begleitet. Diese Bruchzone ist 450 Kilom. lang, durchschneidet die verschiedenartigsten Felsarten und ist durch zahlreiche heisse Quellen und lange Züge von Eruptivgesteinen ausgezeichnet.[32] Nicht ganz mit Unrecht hat allerdings Fritsch hervorgehoben, dass die Höhenverhältnisse der sedimentären Gesteine hier die Annahme einer so grossen ‚Verwerfung‘ nicht gestatten, und ich meine in der That, dass eine solche Bezeichnung nicht die passende wäre.[33] Aber diese Bruchzone fügt sich, an ihrem westlichen Ende gegen Pirot gebeugt, genau in die Gruppe der grossen Torsionslinien, und es ist nicht zu sagen, welches Ausmaass die Störungen erlangen mochten, welche aus der grossen Gebirgswendung hervorgegangen sind. —

Bisher haben wir nur von dem Hauptzuge des Balkan gesprochen. Westlich von Sofia, an der Nordseite des Vitos, erhebt sich aber der Andesitstock des Lünlün- und Viskergebirges, und dort hat sich der grosse Kalkzug von Pirot gegabelt. Ein Arm geht nach Hochstetter's genauen Angaben westlich vom Vitos an den Karasu gegen Küstendil und Dubnitza herab und wir kennen nicht den weiteren Verlauf. Am Vitos selbst aber beginnt eine lange Reihe syenitischer Massen, welche erst dem S. Rande der Hauptkette des Balkan parallel läuft, dann sich mehr gegen SO.

wendet. Hochstetter hält diese Stöcke für ‚entschieden eruptiv‘ und zählt hieher die Massen von Samakowo im Strandschagebirge, von Bujuk Derbend am linken und Wakow am rechten Ufer der Tundscha, von Trnowo an der Maritza, von Philippopel, den magneteisenreichen Syenitstock des Slakutschagebirges am Isker, endlich den mächtigen Syenitstock des Vitos. Der Zusammenhang dieser merkwürdigen, ebenfalls etwa 450 Kilom. langen Linie von Syenitstöcken mit der grossen Torsion ist nach dem heutigen Stande der Beobachtungen nicht zu übersehen; der Vitos an dem westlichen Ende ist wieder vorgeschoben gegen NW., in der Richtung der grossen Wendung. —

Werfen wir nun noch einen Blick auf die jüngeren Formationen. Das Eocän scheint transgredirend auf dem siebenbürgischen Grenzgebirge gelegen zu haben, aber es ist dennoch am Lotru zerdrückt in Folge späterer Gebirgsbewegung. Die nächste, mit Bestimmtheit bekannte Ablagerung innerhalb der Region der Wendung ist die zweite Mediterranstufe; man sieht sie nur bei Plewna, dort nach C. v. Fritsch unmittelbar auf Kreideformation. Nun folgt die sarmatische Stufe, welche horizontal an die inneren Bogen tritt, und dann die Reihe jüngerer, nicht mariner Bildungen, welche hauptsächlich in dem nördlichen Theile Rumäniens sichtbar ist. —

Der Balkan besitzt, wie wir sahen, einen breiten Saum von gegen Nord abdachenden, vorwaltend cretacischen Ablagerungen. Alle inneren Zonen verschwinden im Osten unter der Eruptivmasse aus Burgas; Cap Emineh besteht aus cretacischem Kalkstein. Die untere Kreide zeigt karpathische, d. i. südeuropäische Merkmale, wie in der Krim; die obere Kreide dagegen gleicht jener Nord-Europa's ebenfalls wie in der Krim. Auf dieser folgt, allerdings schon horizontal liegend, Nummulitenkalk bei Warna, wie in der Krim, und das sporadische Vorkommen der zweiten Mediterranstufe, sowie die weite Ausbreitung der sarmatischen Ablagerungen entsprechen ebenfalls der Krim. Dieser Theil der Schichtfolge ist also sehr übereinstimmend, und insoferne die Schichtfolge überhaupt als ein Zeichen tektonischen Zusammenhanges gelten darf, deutet sie allerdings vom Balkan gegen die Krim.

Auch der weisse Jura unter dem Neocom scheint noch jenem der Krim nahe zu stehen. Eine Discordanz unter Neocom ist aber aus dem Balkan dermalen noch nicht bekannt, und auch nicht die grosse Entwicklung der Liasschiefer. Dagegen erscheinen im Balkan noch tiefere, wohl gekennzeichnete Glieder der sedimentären Reihe, welche man weder in der Krim, wo überhaupt die Unterlage des Lias unsichtbar ist, noch im Kaukasus kennt, und nördlich von der muthmasslichen Verbindungslinie zeigt sich mit ganz abweichendem Streichen und auch mit einer anderen, durch die bedeutende Entwicklung mariner Trias ausgezeichneten Schichtfolge das Gebirge von Matschin.

Immerhin ist die Uebereinstimmung der Schichtstellung, des Streichens und der Schichtfolge über dem Jura so gross, dass ich bis auf bessere Belehrung keinen Anstand nehme, der von Spratt, E. Favre und Lagorio vertretenen Voraussetzung von dem einstigen Zusammenhange von Balkan und Krim zu folgen.

Nun darf aber nicht übersehen werden, dass der Balkan in den wenn auch eben nicht bedeutenden Faltungen seiner Nordzone noch immer Spuren der allgemeinen europäischen Bewegung gegen Nord zeigt; die Lage der sarmatischen Falten auf Kertsch und Taman nördlich ausserhalb der grossen Gebirge deutet ebenso auf mässige Bewegung gegen Nord, und ebenso die Faltungen der kaukasischen Nordzone, namentlich in Daghestan, sowie die vorliegenden sarmatischen Falten nördlich von Wladikawkas.

Der Kaukasus lässt aber unter dieser nordwärts geneigten und streckenweise auch nordwärts gefalteten, aufgelagerten Zone jene gewaltige Umstürzung gegen Süd erkennen, welche das bezeichnende Merkmal seines grossen südlichen Abhanges ist. Er bildet, wie Abich sagt, eine grosse monoklinale Falte, und zwar zeigt die Lagerung des Lias, dass die Umstürzung gegen Süd nicht vor der mesozoischen Zeit stattgefunden haben kann. Aber die äussere, gegen Nord gekehrte Fläche dieser Falte, ursprünglich wahrscheinlich eine flache Auflagerungsebene, trägt dennoch eine Reihe von Sedimenten, welche nordwärts bewegt sind. In keinem anderen Gebirge ist so eigenthümliche, zweifache Aeusserung der tangentialen Bewegung bekannt, und gerade hier befinden

wir uns in jener Region, in welcher die Grenze zwischen der asiatischen Bewegung gegen Süd und der entgegengesetzten europäischen Bewegung zu suchen wäre.

Die iranisch-taurische Schaarung. Die äusseren iranischen Ketten lassen nur an einer Stelle, an der Strasse von Hormuzd, die Zeichen einer untergeordneten Schaarung hervortreten. Anders verhalten sich die inneren Ketten. Der Paropamisus bildet mit seiner gegen Süd gekehrten Beugung in N. Afghanistan den inneren Bogen für den östlichen Theil der äusseren iranischer Bogen, aber indem er sich mit unbeirrt nordwestlicher Richtung durch den Kjurjandagh zum Kaukasus fortsetzt, verlässt er vollständig das Gebiet der iranischen Faltungen. Dafür stellt sich ein zweiter Bogen ein, welcher dem westlichen Theile der iranischen Aussenketten entspricht, dessen Nordrand zugleich das kaspische Meer umgrenzt, welcher aber auch, wie wir bald sehen werden, die Neigung zeigt, den gegen NW. ziehenden Ast zu verlängern. Dieser zweite Bogen ist der Alburs.

Ueber die Art, wie Paropamisus und Alburs sich begegnen, liegen einige bemerkenswerthe Angaben vor. Zunächst folgen der NW. Fortsetzung des ersteren jene sehr regelmässigen Parallelketten des östlichen Chorasan, welche Lessar kürzlich durchreist hat und als deren Ausläufer wohl die niederen Züge anzusehen sind, welche Sievers am Atrek antraf. Den entsprechenden Theil der kaspischen Küste aber scheinen die erdölreichen Tertiärschichten einzunehmen, die wir bereits an den Abhängen des Balchasch getroffen haben. Ach-tepe, N. von Tschikischlär, am unteren Atrek, ist ein Schlammvulcan.[34]

Die Parallelzüge des östlichen Chorasan sind also gegen das kaspische Meer vollkommen ausgeflacht, aber gegen Süd zeigt sich ein weiteres Parallelstück, welches, orographisch mit dem Alburs verbunden, seinem Baue nach von demselben zu trennen ist.

Es geht nämlich aus Tietze's Untersuchungen über den Bau des nördlichen Persien, welche neben Grewingk's älterer Zusammenstellung die Hauptquelle unserer Kenntniss dieses Gebirges bilden, auf das Deutlichste hervor, dass zwischen Aschref und Asterabad ein gegen NW. streichendes Gebirge die Ufer des kaspischen

Meeres erreicht und an denselben abgebrochen ist. Es umfasst die Höhen bis Schahrud und Deh i Mullah am Südrande und ist, wenigstens zum Theile, gegen SW. überworfen, so dass an dem Südrande des Gebirges und bei Tasch die kohlenführenden Schichten des Lias gegen NO. unter eine paläozoische Zone hinabsinken, welche sich gegen Asterabad fortsetzt und dort vertical steht. Die ältesten Felsarten dieses Gebirgsstückes liegen im NO. bei Asterabad; die jüngsten dürften durch eine cretacische Zone bezeichnet sein, welche in der Nähe von Aschref vom kaspischen Meere her in das Gebirge streicht.[35]

Mit vollem Rechte findet Tietze im Alburs ‚im Kleinen eine Wiederholung der grossen Züge in der Gestaltung des centralasiatischen Continentes‘. Wir sehen einen südwärts bewegten Bogen, wie deren so viele bereits erwähnt worden sind, und alle von Muschketoff für die innerasiatischen Ketten gewonnenen Ergebnisse sind auf den Alburs anwendbar. Der Scheitel des Bogens liegt W. von Firuskuh, und in dieser Gegend erscheinen auch OW. streichende Züge. Der gegen NO. streichende Theil des Bogens erreicht sein Ende in einer nicht näher bekannten Weise in der Nähe des Kreidezuges von Aschref. Wie bei so vielen innerasiatischen Zügen ist der gegen NW. laufende Ast weit länger als der andere. Die archaische Unterlage wird nur an der Nordseite, und zwar nur an jener des längeren, nordwestlichen Astes sichtbar, denn ein vereinzeltes und örtlich umgrenztes Auftreten von Syenit an dem Südabhange, im Keretschthale W. von Teheran, kann kaum als ein Hervortauchen dieser Unterlage gelten. Trotz des Auftretens der archaischen Gesteine an der Nordseite des Bogens zeigen die geschichteten Sedimente vorherrschend widersinnisches Einfallen gegen Nord, und zwar nicht mit überstürzter, sondern mit normaler Folge der Schichten. Dies deutet auf das Vorhandensein von Schuppenstructur in einzelnen Theilen des Alburs. Hiedurch erklärt sich auch die Gestalt des Aussenrandes. Tietze beschreibt denselben als gebrochenes Gewölbe mit nordwärts geneigten Schichten. Auch die gegen S. vorliegenden Berge von Schah-Abdulasim zeigen steilen Abfall gegen Süd und die Schichten sind gegen Nord geneigt; dasselbe gilt vom Siakuh. Bei Betrachtung dieser monoklinen Vorlagen darf aber der

wesentliche Unterschied nicht übersehen werden, welcher zwischen dem Aussenrande des Alburs und jenem des Himalaya oder der Karpathen besteht. Wir befinden uns S. vom Alburs überhaupt nicht auf einem tafelförmigen, fremden Vorlande, sondern mitten in den iranischen Falten, deren Theil der Alburs selbst ist, und weiter gegen W. kommt auch diese Einheit der iranischen Faltungen durch die Einschaltung mehrerer, bis zu den Zágrosketten reichender Parallelzüge unverkennbar zum Ausdrucke.

Diese Auffassung des Alburs als eines südwärts bewegten und den central-asiatischen Typus wiederholenden Bogens kann auch die Lage des gewaltigen Demavend nicht beirren, dessen dem Scheitel des Bogens aufgesetzter vulcanischer Kegel sich wohl 20.000 Fuss über das Meer erhebt. Es hat Tietze in ausführlicher Weise gezeigt, dass diese mächtige Aufschüttung als eine spätere Bildung auf dem Gebirgsbogen ruht, und dass auch die Grundzüge der heutigen Thalbildung bereits vor der Aufschüttung des Demavend festgestellt waren.[36] Hier gilt Alles, was an früherer Stelle über die grossen Vulcane Sumatra's und des Kaukasus und über ihre Beziehungen zur Unterlage gesagt worden ist. —

Der erste grosse Parallelzug, welcher den NW. Ast des Alburs begleitet, ist das 8—9000 Fuss hohe Karaghangebirge. Wähner hat es gekreuzt. Es besteht aus syenitischen, porphyrartigen und anderen Eruptivgesteinen, welche, so weit das Gebirge bekannt ist, nicht von älteren als eocänen Ablagerungen begleitet sind, eine Zusammensetzung, wie sie so häufig in anderen Gebirgsketten getroffen wird. Zu beiden Seiten des Gebirges ist die erste Mediterranstufe und das Salzgebirge vorhanden; sie haben auch an den iranischen Faltungen theilgenommen.[37]

Nun mehren sich die Gebirgszüge zwischen Alburs und den Zágrosketten; sie ziehen durch Aderbedjan und grosse vulcanische Berge, wie Sawalan und Sahend, erheben sich zwischen ihnen; sie erreichen den Araxes und sogar nördlich von der fortgesetzten Linie des Alburs erscheinen neue Faltenzüge, als würden jene wieder aufleben, welche zwischen Aschref und Asterabad in's kaspische Meer gesunken, und jene, welche am Atrek unter der Steppe verschwunden sind.[38]

In Armenien aber erlangen die vulcanischen Aufschüttungen und Ergüsse ein solches Maass, dass sie die Gestalt eines grossen Theiles der Oberfläche bedingen. Die Faltenzüge brechen ein und werden überdeckt, und auf der Landkarte sind die Grundzüge des Gefüges vollkommen verhüllt. Hier bedurfte es jahrelanger Hingebung; eine grosse Aufgabe war gestellt, und es hat sich der Meister gefunden, der sie löste, Hermann Abich.[39]

Mit den folgenden Worten hoffe ich das Hauptergebniss der zahlreichen Schriften Abich's über dieses Land annähernd richtig wiederzugeben.

Die west-iranischen (Zágros- und Alburs-) Ketten ziehen aus SO. nach Armenien; eine andere, ebenso bedeutende Reihe von Ketten kommt aus SW. heran. Diese nehmen den ganzen Raum von dem südlichen Rande des Taurus bis zu der pontischen Küste bei Trapezunt ein, und die beiden bei Beiburt vereinigten Längenthäler des Djorokh bezeichnen die aus ONO. in NO. übergehende Richtung derselben. Dies sind die taurischen Ketten. Beide, die west-iranischen und die taurischen Ketten, streben zur Vereinigung, aber anstatt dass, wie am Jhelum, Schaarung, sei es im Bogen, sei es im spitzen Winkel stattfinde, ist die Region der Schaarung eingebrochen und breiten sich gerade hier die mächtigsten vulcanischen Gebiete aus, so das vulcanische Hochland von Ardahan bis zum Tschildirsee, das Plateau von Kars, jenes des Alagéz, die weit gedehnte Grundlage des Ararat, des Tandurek u. And. Die aus archaischen Felsarten bestehenden meskischen Berge aber, welche O. von Kutaïs mit NO. Streichen an den Fuss des Kaukasus treten und welche die Wasserscheide von Rion und Kur bilden, sind ein Theil der taurischen Ketten. —

Die Einzelheiten, unter welchen der Einbruch der Schaarung sich vollzogen hat, kann ich zu besprechen nicht unternehmen, aber allerdings will ich es versuchen, die Grundlinien der Structur des Landes zwischen Ararat und dem Goktschai-See, wie sie sich aus Abich's Darstellungen ergeben, als ein Beispiel einzuschalten.[4]

Der Kegel des Ararat erhebt sich 16.926 engl. Fuss über das Meer und fällt gegen N. und NO. zum Thale des Araxes herab, dessen Meereshöhe in dieser Strecke 2600 bis 2500 Fuss beträgt; der Abfall seines Gehänges übersteigt daher 14.000 Fuss.

Er ruht auf einem Sockel von eingebrochenem devonischem und carbonischem Gebirge, welches in der Tiefe des Thales, aber auch gegen SO. hervortritt und dort den Rücken des Makugebirges bildet.

Auf der anderen Seite des Araxes sieht man dasselbe paläozoische Gebirge mit gegen N. geneigten Schichten und steilem Abhange am Dsynserly-dagh als die Unterlage des zunächst stehenden Zuges von gefaltetem Gebirge. Es ist aber Dsynserly-dagh ein Theil eines der west-iranischen, von SO. her streichenden Parallelzüge, des südlichen Karabagh.

Der südliche Karabagh versinkt, bevor er den Goktschai erreicht, unter dem weiten vulcanischen Plateau des Agmangan; dieses erhebt sich im Aghdagh zu 11.711 Fuss und seine Ostseite bildet den SW. Rand des See's, während die Westseite gegen den Araxes abdacht. — Die zweite Parallelkette ist gänzlich überdeckt von dem vulcanischen Plateau des mittleren Karabagh. — Die dritte Parallelkette, der nördliche Karabagh, endet an der SO. Ecke des See's. — Die nächste Kette, das Ganja- und Goktschaigebirge, ebenfalls enge an die vorhergehenden gepackt, bildet das NO. Ufer des See's und zeigt die Neigung, aus der NW. Richtung der vorhergehenden Ketten im Bogen in die W. Richtung überzugehen. In der That erreicht in seiner westlichen Fortsetzung das Pambakgebirge fast reines OW. Streichen; dieses Gebirge bricht westlich von dem N. Ende des See's, vor dem 13.436 Fuss hohen Aschenkegel des Alagéz ab. — Nördlich schliesst sich an den Pambak in reiner OW. Richtung das Besorbdalgebirge an die nach West gerichteten Sporen; die bogenförmigen Parallelzüge versinken bei Alexandrapol unter die weit ausgedehnten vulcanischen Anhäufungen, in welche der obere Arpatschai sein Bett gegraben.

So suchen die iranischen Bogen gleichsam die Verbindung mit den taurischen Bogen, und wenn man Abich's schöne Karte des russischen Armenien betrachtet, möchte man den östlichen Sporn des Juragebirges, die Lägern, in Vergleich ziehen, obwohl die Lägern nur Ausläufer, nicht schaarende Bogen sind.

Noch mehr gilt dies von dem Sporn, welcher weiter im Süden als Tschatin-dagh von den taurischen Ketten herüberreicht. Um seine Lage zu bezeichnen, kehren wir zum Ararat zurück.

Der vulcanische Zug des Ararat liegt gerade südlich von der Beugung der NW. streichenden Ketten zu den westlich streichenden Sporen. Auch in der Reihung der Vulcane ist eine ähnliche Beugung angedeutet. Abich hebt mit Nachdruck hervor, dass die Linie vom kleinen Ararat zum grossen Ararat und zum Kipgöll gegen WNW. zieht, und vom Kipgöll wendet sich nun der mächtige Zug der Vulcane rein gegen West zum See Baluchgöll, als stünden diese Vulcane auf einer Spalte im Streichen der schaarenden Bogen. Gegen Süd fallen sie zur Hochebene von Bajazid ab und dieser folgt gegen Süd die ebenfalls westlich streichende vulcanische Reihe des Tandurek.

Nördlich vom Baluchgöll aber, d. i. N. vom westlichen Ende der Araratreihe, taucht aus den vulcanischen Aufschüttungen das Ende eben jenes grossen Sporns, des Tschatin-dagh, hervor. Er ist der bezeichnendste unter den schaarenden Bogen. Er umrahmt das Quellgebiet des Murad, scheidet es von dem Araxes und setzt sich weit gegen WSW. fort. —

Mit unveränderter Richtung zieht der Kaukasus schräge an dem Gebiete der Schaarung vorüber, wie der Tian-schan an der südlich vorliegenden Schaarung, und nun vermögen wir jene Stellen der Landkarte zu erkennen, an welchen der Umriss der Wasserflächen in der Structur des Landes tiefer begründet ist. Die südliche Küste des Kaspi entspricht den westiranischen, jene des Pontus in der Bucht von Trapezunt den taurischen Bogen und die Vorgebirge von Apscheron und von Taman kennzeichnen das Streichen des Kaukasus.

So auffallend aber der Gegensatz zwischen der Streichungsrichtung des Gebirges von Kaschgar und jener des Tian-schan sein mag, sind mir doch wenige Beispiele auf der ganzen Erdoberfläche bekannt, in welchen eine so innige Berührung zweier verschiedener Gebirgsrichtungen stattfinden würde, wie am oberen Rion zwischen dem NO. streichenden meskischen Gebirge und dem Südfusse des Kaukasus. Wir haben an dem äusseren Rande der Karpathen die Falten eines grossen Gebirges heran- und wohl auch herübertreten gesehen über ein anderes Gebirge, die Sudeten, auf welchen die Reihenfolge und das Gepräge der Sedimente wesentlich andere sind. Im Kaukasus sehen wir nun zwei Falten-

gebirge aufeinandertreffen von verschiedener Streichungsrichtung und zugleich von ziemlich verschiedener Entwicklung der Schichten. Es sind namentlich die Actaeonellen- und Hippuritenreichen, an das Gosauthal erinnernden Abtheilungen der Kreideformation und die petrefactenreichen älteren Tertiärschichten, welche beide in jenem Gepräge im meskischen Gebirge und weiter gegen Süd auftreten, welches unsere Alpen auszeichnet, und welches der grossen nordkaukasischen Zone fremd ist.

Die taurischen Ketten sind nicht strenge parallel. Die nördlichsten Züge, welchen das pontische Ufer bei Trapezunt angehört, beugen ihr Streichen von Batum durch Lasistan aus SSW. gegen SW. und WSW. Die südlicheren Züge bewahren die flachere Krümmung, welche wir in dem Tschatin-dagh kennen gelernt haben, und welche in so mancher Beziehung an die tertiären Bogen am Jhelum (Taf. IV) erinnert; WSW. ist ihre vorherrschende Richtung.[41] Leider haben die ausgezeichneten Arbeiten von Russegger und Tschichatscheff, sowie Kotschy's Reisen bisher doch nur eine unvollständige Kenntniss von dem Baue des Anti-Taurus und des Bulgar-dagh gebracht. Wir wissen aber, dass das Gebirge mit fortgesetzter Richtung gegen WSW. und SW. gegen Tarsus zum Meere zieht und parallele Vorlagen enden am unteren Orontes.

Einen Ueberblick über das südliche Gebiet der Schaarung gibt Cernik; man lernt aus demselben, dass im Thale des Euphrat die asphaltreichen Thone noch weit über Deir heraufreichen, und dass in Syrien zwischen Homs und Palmyra gypsreiche Tertiärschichten vorhanden sind, wahrscheinlich dieselben, welche wir als die ‚Gypsiferous Series' von Loftus am Rande des Zágros kennen gelernt haben und welche offenbar in Mesopotamien eine weite Verbreitung besitzen. Etwa dort, wo die iranischen und die taurischen Aussenränder sich begegnen sollten, liegt die breite Basaltmasse des Karadja-dagh und auf einem nordöstlichen Ausläufer erhebt sich, zum Theile aus Basalt erbaut, die finstere Stadt Djarbekr. Eine eigenthümliche Frage wird aber durch Russegger's und Cernik's Beobachtungen angeregt. Es läuft nämlich von der Ostseite des Anti-Libanon ein nicht unbedeutender Gebirgszug, Dj. Senayeh, in NO. Richtung ab und zieht über Palmyra hin. Zugleich weichen

Libanon wie Anti-Libanon merkbar von der meridionalen Linie des Jordanthales gegen NNO. ab, als würden Beziehungen zu dem Taurus eintreten, welche wir heute näher zu beurtheilen nicht in der Lage sind.[42]

Die Lage, die Felsarten und der Bau der Insel Cypern lehren in übereinstimmender Weise, dass hier die Fortsetzung der taurischen Gebirge sichtbar ist. Cypern besteht aus zwei bogenförmigen Gebirgszügen, welche durch die Ebene von Nikosia getrennt sind. Der nördliche Zug, welcher die ganze N.-Küste bis Capo Andreas hinaus bildet, besteht, wie wir durch Gaudry und Unger wissen, aus Kreidekalk und Flysch mit Vorkommnissen von Gabbro, Grünsteinen und Serpentin. Der mächtige südliche Zug, Troodos, besteht fast ausschliesslich aus den letzteren Felsarten ganz wie die Berge von Antiocheia. Junge tertiäre Ablagerungen liegen in der Mulde von Nikosia.[43]

Das dinarische Gebirge. Aus den bisherigen Darstellungen der Alpen hat sich ergeben, dass das Verhalten des dinarischen Zuges ein fremdartiges und abweichendes sei. Es war nicht thunlich, dasselbe in die schematisirten Darstellungen der Leitlinien (S. 303 und 618) aufzunehmen. An die periadriatischen Brüche und Flexuren der Südalpen, welche von NW., N. und NO. her überschoben sind, schliessen sich die von NO. her überschobenen dinarischen Flexuren und Brüche, welche massgebend werden für den Verlauf der dalmatinischen Küste. Sie ziehen gegen SO. bis SSO. und zugleich streicht in derselben Richtung jene Serie langer Faltungen, welche schon in der Gegend von Laibach bemerkbar ist, welcher der Karst angehört und innerhalb welcher auf breiten Antiklinalen in Bosnien, der Herzegowina und Montenegro paläozoische Gesteine sichtbar werden.

Im Nordosten dieser paläozoischen Gesteine liegt eine Zone von Flysch und Serpentin, welche schon im südlichen Croatien beginnt, an der Save, wie Mojsisovics gezeigt hat, durch vereinzelte, an ihrem Aussenrande auftauchende Granitkuppen gleichsam festgehalten wird und dann gegen SO. und OSO. fortstreicht. Im Südwesten des paläozoischen Gebirges liegt längs des adriatischen Meeres Kreidekalk und Flysch; in dieser Zone laufen die Brüche

und Flexuren längs des Meeres hin; sie ist es, deren Bruchstücke an der italienischen Küste erwähnt worden sind.

Tietze's letzte Arbeiten in Montenegro und die älteren Arbeiten von Boué und Viquesnel zeigen, dass das dinarische Gebirge mit gleichem Streichen sich noch weiter gegen SO. fortsetzt. Die Untersuchungen von Neumayr, Bittner, Teller und L. Burgerstein im nördlichen Griechenland, sowie jene von Boblaye in Morea lehren aber, dass diese selbe Richtung auch mit nur ganz untergeordneten Ablenkungen anhält durch die akrokeraunischen Berge und Akarnanien, parallel dazu durch den Pindus, das Gabrowegebirge und die ätolischen Alpen, sowie durch ganz Morea bis Cap Matapan und Cap Malia.

Die neueren Untersuchungen in Nord-Griechenland und namentlich Neumayr's Zusammenfassung der tektonischen Ergebnisse lehren aber noch weit mehr.[44]

Das ganze Land ist in Falten gelegt. Während jedoch im Westen Pindus und ätolische Alpen die dinarische Richtung gegen SO. bis SSO. fortsetzen, tritt östlich von diesen Bergen in allen Falten das Bestreben hervor, im Bogen abzulenken gegen SO., O. und endlich sogar gegen ONO. und NO. Solche Bogen sind Othrys mit einer Fortsetzung bis zum Golf von Volo mit gänzlicher Umbeugung gegen NO., dann Oeta und Saromata, dann Parnass, Helikon und weiter quer über Euboea, ferner Kythaeron, Parnes und abermals quer über Euboea. An diese reiht sich als ein weiterer zertrümmerter Bogen Geraneia bei Megara, Insel Salamis, Aegialeus, Hügel von Athen, Penthelikon. Dem Gewölbe des Penthelikon parallel streicht das Gewölbe des Hymettos. So kommt es, dass im Westen Nord-Griechenland's das Streichen gegen SSO., im Osten aber gegen ONO. und NO. gerichtet ist.

Die Falten lenken im Bogen ab; die Brüche der dalmatinischen Küste aber wiederholen sich wenigstens auf einzelnen langen Linien in der unveränderten dinarischen Richtung quer über diese abgelenkten Bogen. Die Folge davon ist, dass die Bogen zerschnitten werden. Ein Beispiel ist die Bruchlinie, welche an dem Ostrande des thessalischen Küstengebirges, der Insel Euboea, von Andros, Tinos, Mykonos, Amurgos und Astropalaea hinläuft. Durch solche und ähnliche Brüche werden die Inseln und Halb-

inseln umgrenzt und so entsteht jener merkwürdige Gegensatz zwischen der Structur der Berge und ihren Umrissen, welcher den höchsten Ausdruck in Teller's Schilderungen von Euboea und des thessalischen Randgebirges findet. —

All' dieses griechische Gebirge besteht aus Kreidekalk und Flysch, dann Diorit, Gabbro und Serpentin; krystallinische Schiefer greifen in Attika als gleichaltrig zwischen cretacische Schichten; an wenigen Punkten erscheinen ältere krystallinische Felsarten. Ganz dieselben Gesteine bilden, wie Spratt und Raulin gezeigt haben, die Insel Kreta.[45] Das Streichen derselben auf Kreta ist nahe O.—W. Auch hier scheinen, wie auf Cypern, die Bruchstücke von zwei parallelen Ketten vorhanden zu sein, von welchen eine vom östlichen Ende bis zum Golf von Messara, die andere vom Golf von Mirabello bis zum westlichen Ende der Insel reichen würde. Vielleicht gehören die drei Vorgebirge Grabusa, Spadha und Meleka im NW. der Insel einem dritten Zuge an.

Trotz der Uebereinstimmung der Gesteine würde ich Anstand nehmen, bei der gänzlichen Verschiedenheit des Streichens Kreta als eine Fortsetzung der griechischen Falten anzusehen, aber die scharfe Umbeugung der östlichen Falten, welche wir soeben kennen gelernt haben, macht es höchst wahrscheinlich, dass auch die Ketten des westlichen Griechenland eine ähnliche Umbeugung erfahren, und dieser entsprächen allerdings Lage und Bau von Kreta. Ich halte dafür, dass der westliche, dinarische Hauptzug im selben Sinne gebeugt ist, wie die inneren Ketten, und dass Kreta in der Fortsetzung einiger solcher Falten liege. Der dinarische Zweig würde sich in ähnlicher Weise nach Kreta, wie der Taurus nach Cypern fortsetzen, und so finden wir die Reste eines grossen Bogens, welcher im Westen aus dem dinarischen Zuge bis Kreta, im Osten aus dem Taurus bis Cypern besteht, in der Mitte aber vollständig eingebrochen ist. Diesen nennen wir den dinarisch-taurischen Bogen. Er ist nach ähnlichem Typus gebaut wie der iranische Bogen.

Auf diese Weise grenzt sich ein neues Gebiet ab, den Westen und Süden der Balkanhalbinsel und ganz Kleinasien umfassend, und so erklärt sich die fremdartige Einschaltung des dinarischen Zweiges in die Alpen.

So fügt sich den asiatischen Bogen ein neuer Bogen an, jenen Bauplan wiederholend, welchen wir nun schon so oft antrafen. Hochstetter hat das bereits im Jahre 1876 geahnt. Nach Besprechung Iran's und Armenien's sagt derselbe: ‚Und zum dritten Male trennen sich die Gebirgsarme in die Tauruskette einerseits und die anatolischen Randgebirge andererseits, um auf der kleinasiatischen Halbinsel abermals ein Steppenplateau in nochmals verkleinertem Maassstabe zu umschliessen — die anatolische Salzsteppe. So sehen wir zweimal in verjüngtem Maassstabe die Grundconfiguration Centralasien's sich in den vorderasiatischen Gebieten wiederholen.‘[46]

Die seitherigen Erfahrungen über das sehr geringe Alter des ägäischen Meeres lassen uns nun die griechischen an die anatolischen Gebirge schliessen, und im Jahre 1879 schreibt Neumayr nach Beschreibung der Umbeugung der ostgriechischen Falten: ‚. . . Aller Wahrscheinlichkeit nach werden die mehrfachen im westlichen Kleinasien auftretenden, OW, streichenden Ketten damit in Verbindung zu bringen sein; ja die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass wir es mit den äussersten Ausläufern des kleinasiatischen Taurus zu thun haben.[47]

Lösung der wirbelförmigen Anordnung der Alpen. Die eigenartige Anordnung der einzelnen Zweige der Alpen ist entscheidend für den Umriss des westlichen Mittelmeeres und für die Gestaltung des ganzen südlichen Europa. Die gleichsinnige tangentiale Bewegung kommt insbesondere im Juragebirge, in dem Hauptstamme der Alpen mit den Karpathen, in dem ungarischen Mittelgebirge, in dem SO. Rande des siebenbürgischen Erzgebirges und im Apennin zum Ausdrucke. Es ist aber bereits S. 304 bemerkt worden, dass die Pyrenäen in einer dem Wirbel entgegengesetzten Richtung bewegt sind, und der dinarische Zug blieb dort als fremdartig ausser Betracht.

Im mittleren und westlichen Asien lassen sich ziemlich deutlich zwei Gruppen von Gebirgszügen unterscheiden, nämlich jene gegen Süd convexen Züge, welche die schaarenden Bogen bilden, und nördlich davon andere Züge, welche in demselben Sinne, doch weit weniger convex gebeugt sind und welche in lange, gerade

Aeste auslaufen. Bald vereinigen sich beide Gruppen durch zwischenliegende Falten, wie O. vom Lob Nor, bald tritt ihr Gegensatz scharf hervor, wie zwischen dem Kaschgargebirge und Tian-schan oder den meskischen Bergen und Kaukasus.

Wenn der dinarische Zug in der That einem Theile eines solchen schaarenden Bogens entspricht, dann sollte der Hauptstamm der Alpen sich als die Fortsetzung der nördlichen Züge, also der westlichen Ausläufer des Tian-schan erweisen.

In der That sehen wir zwei Aeste des Tian-schan nach Europa reichen.

Der erste ist bezeichnet durch die Linie Alai, Nura-tau, Scheich-Djeli, Mangischlak und vielleicht durch das Kohlengebirge am Donetz und noch weiter in NW. liegende Störungen.

Der zweite zieht vom Paropamisus durch Kjurjan-dagh und Kopet-dagh zum grossen Balchan und den Bergen von Krasnowodsk, dann quer über das kaspische Meer zum Kaukasus. Die sarmatischen Antiklinalen stellen die Verbindung zwischen dem Kaukasus und dem Gebirgsfragmente in der Krim her; dieses setzt sich höchst wahrscheinlich im Balkan fort, und nun gelangen wir an jene überaus heftige Drehung des Streichens, welche von Etropol-Balkan und Berkowitza-Balkan durch das Banater Gebirge und das siebenbürgisch-rumänische Grenzgebirge zu den Karpathen, endlich zu dem Hauptstamme der Alpen führt. Dabei tritt aber die merkwürdige Erscheinung ein, dass etwa vom Kaukasus an die tangentiale Bewegung nicht gegen Süd, wie in den asiatischen Ketten, sondern gegen Nord gerichtet ist, dass auch die Convexität der alpinen Bogen sich gegen Nord richtet, und dass an dem Nordrande der Karpathen alle Anzeichen einer weitgehenden Ueberschiebung über zwei verschieden gebaute Vorländer, die russische Tafel und die Sudeten, hervortreten.

In Indien sahen wir die Salzkette, den äusseren Saum der Ketten des Hindu Kusch, eingeklemmt und zweimal S-förmig quer auf das Streichen geknickt. Aehnliches zeigt in weit grösserem Maassstabe die Linie, welche vom Balkan zu den Alpen führt. Es ist, als würde in Asien tangentiale Bewegung oder Zusammenschub fast nur in der Richtung des Meridian's, hier aber auch in der Richtung der Parallelkreise erfolgt sein, und gerade

hier sind die Karpathen so auffallend gegen Nord hinausgedrängt.

So scheint sich die wirbelförmige Anordnung der Alpen zu lösen. Es ist aber dermalen kaum möglich, diese Vergleiche weiter auszudehnen. Die Pyrenäen könnten allerdings als eine weitere Fortsetzung des nochmals im Streichen geknickten Hauptstammes der Alpen gelten, und in der That erinnert die Richtung und die Haltung des Streichens einigermassen an den Kaukasus, aber es fehlt dermalen jede Art von Nachweis für einen solchen Zusammenhang. Der Apennin sammt den nordafrikanischen Ketten und der betischen Cordillere zeigt einige entfernte Aehnlichkeit mit den grossen asiatischen Bogen, aber der Verlauf dieser Gebirge ist sichtlich durch die spanische Meseta beeinflusst.

Ural, Pae-choi und ihre Vorlagen. Weit im Osten, jenseits des Balchasch, setzt sich Tarbag-atai in dem niedrigeren Tschingis-tau fort, und es hält Muschketoff, wie ich seinen gütigen Mittheilungen entnehme, für wahrscheinlich, dass S. von Karakalinsk eine weitere Falte von geringerer Höhe und flachem Rücken bestehe, welche, jener des Tarbag-atai analog und mehr als 200 geogr. Meilen lang, die Aral-Irtysch-Wasserscheide bildet. Eine unmittelbare Anschaarung oder ein Anschmiegen an die uralische Richtung ist jedoch meines Wissens noch nirgends durch Beobachtung erwiesen, und so steht vorläufig der Ural den vom Tian-schan kommenden Zügen als ein fremdes Element gegenüber.

Nichtsdestoweniger gleicht der Bau des Ural vollständig jenem dieser grossen Züge. Auch hier sind zwei lange und fast gerade Aeste vorhanden, welche an einer Anschwellung des Gebirges sich zu einem einheitlichen, flachen Bogen vereinigen; auch hier ist der Bau durchwegs ein einseitiger; es ist auch die tangentiale Bewegung allenthalben von der Innenseite des Bogens gegen seine Aussenseite gerichtet, und es begleiten auch ältere Eruptivgesteine den inneren Rand.

Die Länge der gesammten uralischen Kette beträgt nicht weniger als $21\frac{1}{2}$ Breitegrade; die Anschwellung, welche zugleich die Stelle der Beugung ist, liegt in der Nähe des Berges Pareko, etwa zwischen 64° 30′ und 65° nördl. Br.; unfern davon befindet sich

auch die Mehrzahl der hohen Gipfel, insbesondere Töll-Poss, 5540 Fuss in 63° 54′. Die beiden Aeste des Bogens haben ungleiche Länge. Der nördliche Ast streicht erst NNO., dann NO., reicht nur durch 3½ Breitegrade, nimmt rasch an Höhe ab und endet in 68° 29′ in dem Konstantinow-Kamen. Der südliche Ast läuft durch eine sehr lange Strecke in der Richtung des Meridian's, spaltet sich dann in drei Aeste, welche einige Ablenkung gegen SSW. verrathen, und findet seine weitere Fortsetzung in dem aus älteren krystallinischen Felsarten, dann aus Augitporphyr und anderen Eruptivgesteinen bestehenden meridionalen Doppelzuge der Mugodjaren.

Cenomaner Grünsandstein liegt flach und discordant auf einzelnen Theilen der Mugodjaren und zeigt ihr hohes Alter an. Ein Rücken von solchem flachgelagertem cretacischem Grünsandstein stellt im Quellgebiete des Tschassan, wie Sewerzow und Borszczow gefunden haben, eine orographische, aber allerdings keine tektonische Verbindung dieser alten niedrigen Ketten mit der horizontal geschichteten Tafel des Ust-Urt her, und diese Verbindung ist die Wasserscheide zwischen Aral und Kaspi.[48]

Die ganze Länge des südlichen Astes des Ural bis an den Ust-Urt beträgt 18 Breitegrade.

Nach dem über die Einseitigkeit des Ural bereits Gesagten ist es begreiflich, dass all' die Mineralschätze, welche dieses Gebirge so berühmt gemacht haben, seiner Ostseite angehören. Den Westen bilden die langen, aus paläozoischen Ablagerungen gebildeten Faltenzüge. In ihnen ist die tangentiale Bewegung in solchem Maasse zum Ausdrucke gelangt, dass z. B. Karpinsky's Profile beiläufig aus dem 51. und 52. Breitegrade in den gegen Ost liegenden Faltungen bedeutende Ueberfaltungen, gestürzte Lagerung und widersinnische Neigung gegen Ost erkennen lassen, und dass erst weiter gegen W. normale Falten folgen. So scheinen insbesondere zwischen den Flüssen Ika und Ulak überstürzte Schuppen vorhanden zu sein. Diese Ueberstürzung setzt sich durch den mittleren Ural fort, und ihre Ausdehnung erregte schon vor langer Zeit die Aufmerksamkeit Murchison's.[49]

Weiter im Norden, zwischen dem 56. und 58.° hat Karpinsky Steinkohlenflötze, welche, in lange meridionale Falten

gelegt, hier bis an die Ostseite des Gebirges gelangen, auf grössere Strecken in Graphit umgewandelt angetroffen. Die begleitenden Reste von Pflanzen beseitigen jeden Zweifel. Es ist dieselbe Erscheinung, welche in den Ostalpen durch Toula festgestellt wurde, und welche als eine Folge ausserordentlichen Druckes aufzufassen ist.[50]

Jene Theile des Ural, welche für unsere Vergleiche von Wichtigkeit sind, liegen aber noch viel weiter gegen N., in einem Gebiete, in welchem ich der älteren, aber mustergiltigen Darstellung E. Hofmann's folge.[51]

Hofmann's Untersuchungen umfassen das nördliche Stück des meridionalen Ural's, ferner die Beugung, den nördlichen Ast bis zum Konstantinow-Kamen und die nördlich folgende Kette Pae-choi bis zum Meere. In 60° 50′, am Tschowal, ist die ganze, den krystallinischen Schiefern zunächst liegende Schichtreihe widersinnig gegen O. unter diese Schiefer geneigt, und diese selbst fallen gegen Ost. Es ist dieselbe Ueberstürzung, welche wir weit im Süden erwähnt haben, und sie zeigt sich wieder an der Kolwa in 61° 20′, an der Unja, wo die Carbonschichten unter dem Silur liegen, und am Schtschugar; überall neigt sich die Schichtfolge gegen Ost, während am Iltysch vorliegende Falten mit W. und O. Neigung bekannt sind. Am Töll-Poss stehen die alten Schiefer senkrecht oder neigen sich steil gegen W. Zwischen dem 63. und 64.° tritt eine grössere Masse von Granitit hervor und herrscht hier, wo das Gebirge breiter geworden ist, in seinem östlichen Theile, während gegen W. Diorit vorherrscht. An der Stelle der Beugung scheinen Granit und Gneiss in grösserer Ausdehnung vorhanden zu sein. In der Nähe des Pareko, gleichsam an der Stirne der Beugung, am Westfusse des Hauptzuges, sieht man wieder den Talkschiefer widersinnig gegen Ost geneigt; dasselbe gilt für die gegen die westliche Ebene vorliegenden paläozoischen Ablagerungen und ebenso für den ganzen Westrand des nun gegen NNO. abgehenden nördlichen Astes. In 66° 30′, wo das Gebirge bogenförmig aus dem Streichen in NNO. gegen NO. übergeht, liegt Serpentin und paläozoischer Kalkstein mit der Neigung gegen Ost; in 67° und 67° 30′ liegt die paläozoische Längenreihe Jenga-Pae vor mit gleicher Neigung und im Pae-

Putna-Jaha in 67° 22′ neigt sich ebenso fossilienreicher Kohlenkalk. Die Berge erheben sich hier schroff, mauerartig, baumlos aus der ebenen Tundra. Endlich ist der steile Konstantinow-Kamen in 68° 29′ erreicht. Er besteht aus grauem Quarzit und talk- und chloritähnlichem Schiefer; auf seinem Rücken liegen Blöcke von rothem, körnigem Quarzit. Die Neigung seiner Schichten ist gegen SO. Von drei Seiten umgeben ihn flache Tundra-See'n; nur 30 bis 35 Kilom. weit liegt das Meer.

Dies ist das scharf ausgeprägte N. Ende des Ural. Der SW.—NO. streichende Parallelzug Paemboi liegt ihm in 68° vor. Das vorherrschende Ostfallen auf der ganzen beobachteten Strecke von 60° 50′ bis 68° 29′ stellt aber die Thatsache fest, dass in dem nördlichen Ural, gerade so wie in dem mittleren und südlichen Ural, die tangentiale Bewegung eine so bedeutende gewesen ist, dass ganze Zonen des Gebirges in der Richtung gegen Europa überstürzt worden sind. Diese Ueberstürzung zeigt sich aber im Ural nicht an dem Aussenrande, sondern vielmehr dort, wo die tiefste Unterlage hervortritt.

Jenseits des Konstantinow-Kamen beginnt ein anderes Gebirge. Aus der nördlich vorliegenden Tundra erheben sich hintereinander felsige, aus altem Schiefer bestehende Hügelreihen, welche von OSO. nach WNW. gestreckt sind, also eine gegen den Ural fast senkrechte Richtung verfolgen. Ihre Höhe übersteigt kaum um 150 Fuss jene der Tundra, und sie streichen an die Mündung des Oi-Jaha. Westlich von diesen und von dem Konstantinow-Kamen erhebt sich mit gleichem Streichen gegen WNW. ein bedeutenderer Höhenzug, der Jodenei, und dieser bezeichnet den Anfang des Hauptzuges der Kette Pae-choi. Ihr Streichen wendet sich bald aus WNW. mehr und mehr gegen NW. und bildet mit senkrechten Schichten den Siwa-Pae im Jugor'schen Schar, welcher hier nur 3 Kilom. breit ist. Die Gesteine scheinen ziemlich dieselben zu sein.

Nun übersetzt der Pae-choi die Meerenge, streicht quer durch die Insel Waigatz und setzt sich auf Nowaja Semlä fort. Dies ist durch H. Höfer, den Begleiter Wilczek's, ausser Zweifel gesetzt.[52]

Nowaja Semlä, sagt Höfer, ist ein Kammgebirge, welches von 72° bis 75° 30′ nördl. Br. von SSW. nach NNO. streicht und

zwischen 73° und 74° seine grösste Erhebung erreicht. Vom Parallel 75° 30′ biegt die Kammlinie scharf nach ONO. um und nimmt an Höhe ab; ebenso biegt sich der Endrücken unterhalb des 72.° gegen SO. und verflacht daselbst ziemlich rasch. Uebereinstimmend mit dieser verschiedenen Richtung der Kammlinie ist auch das Streichen der Gesteine und der Verlauf der Küsten. Silur, Devon und Kohlenkalk sind bekannt; Augitporphyr ist in dem SW. Theile der Insel den paläozoischen Ablagerungen eingeschaltet.

Die ganze Insel ist nach Höfer einseitig gebaut, da aber auch hier längs der Westküste sehr vorwaltend östliche Neigung der Schichten angegeben ist und Höfer sogar das landeinwärts gerichtete Verflächen an dieser Küste als bezeichnend hervorhebt, gewinnt es den Anschein, als würde die Ueberfaltung des Ural sich auch auf diesem Bogen geltend machen.

Der Jugor'sche Schar, die Karische Strasse und Matotschkin-Schar sind also Querfurchen, wie die Strasse von Gibraltar. Sie durchqueren einen einheitlichen Gebirgsbogen, welcher am Jodenei beginnt und in der Tundra vor dem Konstantinow-Kamen dem nördlichen Ural und seiner Vorkette Paemboi in Schaarung begegnet. —

Die meridionale Hauptkette des Ural ist gegen W. von zahlreichen Parallelketten begleitet, welche als ‚Parma' bezeichnet werden; so unterscheidet man die hohe Parma, Idschid-Parma u. And. Diese Parma sind, so weit sie bekannt geworden sind, vorliegende Falten, welche die Abnahme der Faltung gegen die Ebene bezeugen und nur vor solchen Gebirgen erscheinen können, denen ein ihnen gleichartiges Land vorliegt. Würde fremdes Tafelland vorliegen, so gäbe es keine Parma.

Den besten Beweis für die Einheit des gefalteten Ural und der vorliegenden Platte gibt aber eine eigenartige Erscheinung, welche volle Aufmerksamkeit verdient.

Beiläufig in 60° nördl. Br., am Poljudow-Kamen bei Tscherdyn, geht vom Ural ein langer Rücken aus, welcher bis über den Polarkreis hinausreicht; es ist das Timangebirge. Zuerst streicht es gegen NW., rasch sich vom Ural entfernend, hierauf gegen N. Es umgrenzt mit dem Ural das Flussgebiet der Petschora. Alter

Thonschiefer tritt an mehreren Punkten hervor; von den paläozoischen Ablagerungen erreicht das Devon die grösste Ausbreitung. Der höchste Theil übersteigt nicht 850 Fuss. Keyserling hat zuerst seine Bedeutung erkannt; Schrenk und Stukenberg haben es genauer beschrieben.[53]

Jenseits des Polarkreises, in der Nähe der Wasserscheide zwischen den Flüssen Sula und Wolonga, nimmt dieser lange Zug schärfere Umrisse an, biegt plötzlich gegen NW. ab und erreicht in dem NO. Theile der Tschesskajabucht das Meer. Es ist eine Antiklinale. Ihre Axe besteht aus Granit; zu beiden Seiten folgt Thonschiefer, etwas Silur und in grösserer Breite das Carbon; eine grosse Doleritlage ist den paläozoischen Schichten eingelagert. Diese Gesteine bilden Cap Rumänischni, Barmin und Tschaizyn. Das weit vorspringende Swjatoi Noss ist der Kohlenkalk des N. Schenkels. Diesem liegt landeinwärts eine Scholle des Inoceramenthones von Simbirsk auf, zum Zeugnisse für das Alter dieses Gebirgstheiles. Nach den Angaben des Botanikers Ruprecht setzt sich dieses selbe Gebirge quer durch die Halbinsel Kanin von Cap Mikulkin bis Kanin Noss fort.[54]

Mit vollem Rechte betont Stukenberg, dass, obwohl der lange Timan'sche Rücken dem Ural durchaus nicht parallel ist, doch der Verlauf des jenseits der Beugung liegenden Stückes sehr genau jenem des Pae-choi entspricht. In der That lässt sich kaum verkennen, dass die Beugung an der Sula bis zu einem gewissen Grade als eine Wiederholung der Schaarung von Ural und Pae-choi angesehen werden kann, und abermals sehen wir in grossem Maassstabe eine Wiederholung von Linien, wie sie etwa das Tertiärland am Jhelum darbot. An den Ufern des Eismeeres erscheinen dieselben Grundzüge des Gebirgsbaues wie in dem sonnigen Tieflande des Indus, und die grossen Faltenzüge entwickelten sich hier vor dem oberen Theile der Juraformation, dort noch nach dem Obertertiär auf ähnliche Weise. Die Richtung ist allerdings eine gänzlich verschiedene. Während wir von Kleinasien bis an die Sunda-Inseln eine trotz aller örtlichen Ablenkungen doch vorherrschend nach Süd gerichtete tangentiale Bewegung wahrnahmen, ist dieselbe im Ural gegen West, im Pae-choi sogar gegen Nordwest gerichtet.

Uebersicht. Fünf grosse, gegen Süd gewendete Bogen reihen sich quer über den Continent an einander, nämlich der malayische Bogen, jener des Himalaya, der zerdrückte äussere Bogen des Hindu Kusch, der iranische und der dinarisch-taurische Bogen. An diese schliesst sich mit einigermassen verschiedenen Merkmalen jener Bogen, welcher das westliche Mittelmeer umfasst.

Diese Bogen scheiden das Tafelland von Nordafrika und Arabien und jenes der indischen Halbinsel ab von den gefalteten Gebieten im Norden. Der malayische Bogen, vielleicht auch jener des Himalaya, umschliessen Stücke von Tafelland.

Da diese Bogen wesentlich mehr gegen Süd gekrümmt sind als die nördlich folgenden Faltenzüge, werden mehrere Kreisabschnitte umgrenzt, von welchen einige Hochländer sind, andere aber sind eingestürzt und zum Theile vom Meere bedeckt. Nur in dem Bogen des Hindu Kusch tritt so beträchtliche Verengung gegen Süd ein, dass die Gestaltung der Oberfläche eine abweichende ist.

Wo Hochländer umgrenzt werden, sind abflusslose Gebiete vorhanden, so innerhalb des Bogens des Himalaya, des iranischen und der östlichen Hälfte des dinarisch-taurischen Zuges. Sie nehmen gegen West beträchtlich an Ausdehnung ab.

Der malayische Bogen und sein Hinterland sind eingebrochen und ebenso ist es der Fall in der Mitte des dinarisch-taurischen Bogens. In beiden Fällen zeigen sich innerhalb der Einbrüche jene sonderbaren, chiragratischen Formen wie Celebes und Halmahera, Chalkidike und Morea. Wir wissen durch Neumayr und Burgerstein, dass jede der drei Halbinseln der Chalkidike einen anderen Bau besitzt. Hagion Oros ist eine quergebrochene Antiklinale von krystallinischem Schiefer und Kalkstein; Longros ist Gneiss; Kassandra ist tertiäres Land. Dies zeigt, dass die Umrisse von der Beschaffenheit der Oberfläche unabhängig und durch Einsturz bedingt sind.

An dem Aussenrande der meisten dieser Bogen, von Burma bis in das Mittelmeer sind mitteltertiäre Schichten in gefaltetem oder überfaltetem Zustande bekannt. An der Küste von Makrán liegen jüngere Meeresschichten discordant und horizontal. —

Die Falten des Tian-schan streichen nördlich von diesen Bogen gegen Europa. Der Paropamisus zieht durch den Kaukasus zum

Balkan und den Karpathen; heftige Beugungen des Streichens treten ein; die Faltung ist statt nach Süd hier gegen Nord gerichtet; es ist als würde der Bogen der Karpathen nordwärts hinausgedrängt über die russische Tafel und die Sudeten.

Der Nura-tau setzt sich durch Scheich-Djeli nach Mangischlak und gegen den Donetz fort.

Diese Anordnung prägt sich in dem Umrisse des kaspischen Meeres aus, denn der südliche Umriss desselben wird von den iranischen Bogen, dem Alburs, bedingt, die Halbinseln Krasnowodsk-Apscheron entsprechen dem Verlaufe des ersten, jene von Mangischlak dem zweiten der eben angeführten Aeste des Tian-schan. Das kaspische Meer ist, wie wir an früherer Stelle sahen, ein uralter Rest, der Pontus aber ist sehr junger Einbruch, und es ist nicht ganz ohne Bedeutung, dass in dem Umrisse des Kaspi der Verlauf der Falten zum Ausdrucke gelangt, während der Umriss des Pontus diesen Verlauf nicht erkennen lässt. Das ägäische Meer ist quer auf die griechischen Faltungen eingebrochen, die äusseren Bogen aber treten in den Umrissen von Kreta und Cypern hervor.

So wie in dem Aussenrande der Alpen und der Karpathen mitteltertiäre Schichten Zeugniss geben von der Fortdauer der tangentialen Bewegungen bis in diese Zeit, ist dies auch weiter im Osten der Fall. In Slavonien sind sogar die Paludinenschichten der levantinischen Stufe aufgerichtet; in Kertsch nehmen die sarmatischen, wahrscheinlich auch die pontischen Ablagerungen an der Faltung theil; im östlichen Kaukasus finden sich sarmatische Schichten in sehr bedeutenden Höhen und bilden die Falten N. von Wladikawkas. Aber auch noch viel weiter im Osten kennt man an dem Südrande des Tian-schan gegen die Niederung von Kaschgar durch Stoliczka die widersinnig geneigte, wahrscheinlich mitteltertiäre Artush-Series, und Muschketoff hat, wie derselbe mir freundlichst mittheilt, solche Tertiärablagerungen im Tian-schan 10—11.000 Fuss hoch angetroffen, so an dem Tschatyrkul und bei dem Passe Taimurum. Sie reichen über den Alai und Suok nach Ferghana und Turkestan in der Gestalt von rothem Conglomerat und Sandstein. —

Wie sich hieraus ergibt, haben seit der mittleren Tertiärzeit und bis in noch jüngere Zeitläufte herauf beträchtliche tangentiale

Bewegungen stattgefunden, welche einen mitten durch Europa und Asien ausgebreiteten Meeresboden in Falten gelegt haben, während das Tafelland im Süden diesen Bewegungen ebenso fremd geblieben ist wie die Horste und die alten Bruchstücke des mittleren und westlichen Europa. Diese letzteren sind zwar auch gegen NW., N. oder NO. bewegt worden, und diese Bewegung kommt insbesondere in dem belgischen Kohlengebiete zum Ausdrucke, aber die Faltung der Alpen vollzieht sich in selbständiger Weise und wird durch ihre Umrisse gestaut und abgelenkt.

Abweichend ist das Verhalten des vereinzelten Gebirgsstückes von Matschin an der Donau. Der obere Jura und das Cenoman liegen flach auf seinen aufgerichteten Schichten. Ein Zusammenhang mit den langen, eben besprochenen Faltungen ist nicht erkennbar.

Ebenso abweichend in Alter und Richtung ist der Ural sammt dem Pae-choi bis Wajgatz und Nowaja-Semlä und das Timangebirge mit Kanin. Auch hier sind schaarende Bogen vorhanden, aber der obere Jura liegt flach an den Abhängen des Ural und das Cenoman findet sich flachgelagert auf den Höhen der Mugodjaren.

Anmerkungen zu Abschnitt VIII: Die Beziehungen der Alpen zu den asiatischen Gebirgen.

[1] Die Orthographie der Ortsnamen, welche in dem vorhergehenden Abschnitte gewählt wurde, um der englischen Literatur zu entsprechen, welche demselben vorwiegend zu Grunde liegt, ist hier, wo es sich vorzüglich um russische und deutsche Quellen handelt, nicht mehr angewendet. Ich anerkenne die Ungleichartigkeit, welche hieraus hervorgeht, habe aber kein Mittel gefunden, um sie zu vermeiden, und verweise auf Bull. Acad. Pétersb. 1861, p. 158—175. Ferner habe ich es zur Vermeidung von Missverständnissen für unerlässlich gehalten, den vulcanischen Gipfel des Kaukasus Elbrus, dagegen die nord-iranische Gebirgskette Alburs zu nennen. — Das Kärtchen Nr. V gibt in rohen schematischen Linien einige der wichtigsten Streichungsrichtungen der asiatisch-europäischen Gebirgszüge an. Es soll zeigen, in welcher Weise beiläufig der älteste Umriss des Mittelmeeres (I, I), dann das sarmatische Meer und die letzten Einbrüche sich zu diesen Linien verhalten. Man bemerkt die Bedeutung des Umrisses des dreigetheilten Kaspi und die Lage des sarmatischen Meeres ausserhalb des ägäischen Einbruches. Der Ural wurde nicht eingezeichnet, um den Ueberblick der Aeste des Tian-schan nicht zu beirren, welche ohnehin durch die Projection verzerrt sind. Die taurisch-iranische Schaarung ist nur in wenigen Zügen angedeutet; sie ist zu sehr durch vulcanische Bildungen überdeckt.

[2] Dieses hier vollinhaltlich mitgetheilte Schreiben hat Prof. Muschketoff die Güte gehabt, bereits im J. 1881, nicht lange nach seiner damaligen Rückkehr an mich zu richten; in der letzten Zeit habe ich das Vergnügen gehabt, noch weitere, ausführlichere Nachrichten über dieses grosse Hochgebirge zu erhalten, welche dessen im Drucke befindliches Werk über Turkestan enthalten wird; sie sind mir eine reiche Belehrung gewesen und wurden bei der Abfassung einzelner der nachfolgenden Stellen benützt.

[3] N. Barbot de Marny, Brief im Neu. Jahrb. f. Min. 1875, S. 858—861; den Kalk-Pistazit-Schiefer vom Scheich-Djeli beschreibt Inostranzeff in d. Verh. russ. Min. Gesellsch. 1874, 2. ser. IX, S. 88—92.

[4] Barbot am ang. O. S. 859; auch G. v. Helmersen, Notiz üb. d. Berge Aktau u. Kara-tau auf der Halbinsel Mangyschlak; Bull. Acad. Pétersb. 1870, XIV, p. 529—535; E. v. Eichwald, Geogn.-pal. Bemerkungen üb. d. Halbinsel Mangischlak und die Aleut. Inseln, 8° Petersb. 1871.

[5] A. Karpinsky, Bemerkungen üb. d. Charakter der Dislocationen der Felsarten in d. S. Hälfte des europ. Russland; Gornoi Journ. 1883, S. 434—445 u. Taf. Der Autor zählt auch die Gruppe der Bogdo-Berge in diese Zone.

[6] G. Sievers, Die russ. militär. Expedition nach d. alten Oxus-Bette, dem Kjurjandagh-Gebirge u. d. Atrek-Thale, August bis Dec. 1872; Petermann's Geogr. Mitth. 1873, XIX, S. 287—292. Ich verweise für das Balchangebirge überhaupt auf die dieser Abhandlung beigegebene schöne Karte Taf. XV.

[7] Fr. v. Koschkul, Bericht üb. d. geol. Arbeiten, vorgenommen vom Nov. 1869 bis März 1870 in der Umgeb. d. Krasnowodsk. Busens u. der Insel Tscheleken; Iswest.

geogr. Ges. 1870, VI, S. 181—213, Taf.; E. Tietze, Ueb. einen kurzen Ausflug nach Krasnowodsk im W. Turkestan; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. '—6; A. Konschin, Beschreib. d. Erdwachs- u. Naftalagerstätten d. transkasp. Gebietes; Gornoi Journ. 1883, a, S. 134—150, Taf.

8 Das Hauptwerk ist: H. Abich, Vergleich. geol. Grundzüge der kaukas.-armen. u. nordpersisch. Gebirge, Prodromus einer Geol. d. kaukas. Länder; Mém. Ac. Pétersb. 1858, 6. sér. VII, p. 361—365 u. Taf.

9 Em. Favre, Rech. géol. dans la partie centr. de la Chaîne du Caucase; 4° Genf, 1875, 117 pp., Karte u. Prof.; Entst. d. Alpen, S. 47; vgl. oben S. 180.

10 F. Koschkul im Gornoi Journ. 1879, c, Taf. IX.

11 H. Abich, Verzeichn. einer Sammlung von Versteinerungen von Daghestan mit Erläut.; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1851, III, S. 15—48, und: Sur la Structure et la Géologie du Daghestan; Mém. Ac. Pétersb. 1862, 7. sér. IV, p. 10, 12.

12 Ders. Vergl. geol. Grundzüge, S. 459; Favre erklärt die Umstürzung als Folge einer grossen Einsenkung im Süden; am ang. Orte p. 71.

13 Ders. Einleit. Grundzüge der Geol. der Halbinseln Kertsch u. Taman; Mém. Acad. Pétersb. 1865, 7. sér. IX, p. 1—80, Taf. u. dess. Karten u. Profile zur Geol. d. Halbinseln Kertsch u. Taman, Tiflis, 1866.

14 E. Favre, Étude stratigr. de la Partie S. O. de la Crimée; 4° Genf, 1877, 71 pp., Karte; Al. Lagorio, Vergl. petrogr. Studien üb. die massigen Gesteine der Krym; 8° Dorpat, 1880, insb. S. 16—26; für den Zusammenhang mit dem Balkan: T. Spratt, Compar. of the Geol. Features of Bulgaria and the Crimea (in: Geol. of Varna); Quart. Journ. geol. Soc. 1857, XIII, p. 79, 80.

15 T. Spratt, On the Freshwat. Deposits of Bessarabia, Mold., Wall. and Bulgaria; Quart. Journ. Geol. Soc. 1860, XVI, insb. p. 290—292; K. F. Peters, Grundlinien z. Geogr. u. Geol. der Dobrudscha; Denkschr. Akad. Wien, 1867, XXVII, S. 3—64 u. 145—207, Karte; ferner dess.: Die Donau und ihr Gebiet; 8° 1876, S. 334—342.

16 T. Spratt, Remarks on Serpent Island; Journ. geogr. Soc. Lond. 1857, XXVII, p. 220—224. Ich gestehe, über die Natur der Felsart, aus welcher diese Insel besteht, nicht zu einem bestimmten Urtheile gelangt zu sein. Spratt sagt, es scheine ein Ausläufer des Schiefergebirges der Dobrudscha zu sein, bestehend aus kieselreichen Bänken mit grossen Krystallen von Quarz, zuweilen übergehend in rothen Jaspis, die Bänke getrennt durch dünne schiefrige Lagen und geneigt 10°—20° gegen O. Die Insel ist 130 Fuss hoch.

17 Als die Hauptwerke sind zu nennen: J. Meschendörfer, Die Gebirgsarten im Burzenlande; Verhandl. u. Mittheil. d. siebenbürg. Vereins f. Naturwiss. 1860, XI, S. 236—249 u. 255—287; F. Ritt. v. Hauer u. G. Stache: Geologie Siebenbürgen's, 8° 1863, Karte; F. Herbich, Das Széklerland, 8° 1878, Karte (auch: Mitth. k. ungar. geol. Anstalt, V, Heft 2); Stefanescu's Angaben im Annuar. Biur. geol. Bucuresci, 1884, I, insb. S. 17, 18 u. 47—63.

18 Diese wichtige Beobachtung ist seither veröffentlicht in B. v. Inkey: Geotektonische Skizze der W. Hälfte des ungar.-rumän. Grenzgebirges; Földt. Közl. 1884, XIV, S. 116—121.

19 Hauer u. Stache am ang. Orte, S. 264, 265.

20 G. Primics, Die geol. Verhältnisse d. Fogarascher Alpen u. des benachbart. rumän. Gebirges; Mitth. aus d. Jahrb. d. k. ungar. geol. Anstalt, 1884, VI, S. 283—315, Karte; auch S. Stefanescu, Mem. rel. la Geol. Judet. Argesiu; Ann. Biur. geol. Bucuresci, 1884, Nr. 2, p. 115—147.

21 Im N. gehört hieher der petrefactenreiche Punkt Porcsesd am Eingange des Alt in das Querthal; im S. hat S. Stefanescu bei Salatruca, O. vom Ausgange des Alt, Nummuliten gefunden.

22 M. M. Drâghicénu, Carta geol. a Judet. Mehedinti; kl. fol. 1882.

23 S. A. W. Freih. v. Herder, Bergmänn. Reise in Serbien, 8° 1846, S. 43 u. folg.: E. Tietze, Geol. Notizen aus d. NO. Serbien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 597.

24 Th. Andrée, Die Umgeb. v. Majdan-Kucaina in Serbien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1880, XXX, S. 12, Taf. I.

25 NW. von Zajcar, bei Gamsigrad, ist wieder Kalkstein, aber eine breite ältere Masse, welche Herder längs des kleinen Timok fand, lässt vermuthen, dass hier der Kalkzug gespalten ist und ein neuer archaischer Streifen hervortritt. — Dass das Porecka-Thal SO. von Milanowetz von einem NS. streichenden Kalkzuge begleitet ist, haben Herder und Tietze gezeigt. — Der hohe Rücken des Strbatz O. von Mosna kann als eine Fortsetzung der rumänischen Bogen gelten; er besteht aus Glimmerschiefer; auf seinem Kamme soll Kalkstein sein. — Noch in der Niederung W. von Brsa Palanka erwähnt Herder Glimmerschiefer, aber auf dem Wege von Negotin zum Gebirge nur den ‚söhligen Muschelkalkstein‘, offenbar die sarmatischen Schichten.

26 Die Grundzüge des Bogens treten schon ziemlich deutlich hervor aus Toula's Geol. Uebers.-Karte der Balkan-Halbinsel; Petermann's Geogr. Mitth. 1882, Taf. XVI.

27 G. v. Rath, Vortr. u. Mitth.; aus d. Sitzungsber. d. Nied. Rhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn, Sitz. v. 13. Jan. 1879; S. 39.

28 In früheren Abzügen ist auf diesem Kärtchen durch ein Versehen die Lage der beiden Ortschaften Moravicza und Dognacska vertauscht gewesen.

29 J. Kudernatsch, Geol. d. Banater Gebirgszuges; Sitzungsb. Akad. Wien, 1877, XXIII, S. 40 u. folg.; J. Böckh, Geol. Notz. von d. Aufnahme d. J. 1881 im Comitate Krassó-Szörény; Jahresber. d. k. ung. Geol. Anstalt f. 1881, S. 8; F. v. Hauer, Kohlenvorkomm. v. Berszaszka; Verh. geol. Reichsanst. 1870, S. 167, 168; E. Tietze, Geol. u. pal. Mitth. aus d. S. Theile des Banater Gebirgsstockes; Jahrb. geol. Reichsanst. 1872, XX, S. 94—99.

30 Insb. F. Toula, Grundlinien d. Geol. d. westlich. Balkan; Denkschr. Akad. Wien, 1882, XLIV, S. 1—58 u. Karte; Geol. Untersuch. im westl. Theile d. Balkan, X, von Pirot nach Sofia, Sitzungsber. Ak. Wien, 1883, LXXXVIII, S. 1279—1348 u. Karte, und für weiter gegen O. liegende Theile des Balkan dess. Vorbericht im Anzeig. Akad. Wien, 23. Oct. 1884, S. 197—202; ferner: J. M. Zujovic, Materialien für d. Geol. d. Königr. Serbien; I. Beitr. z. Geol. d. SO. Serbien (in serb. Sprache); 8° Belgrad, 1884, Karte.

31 ‚Dieser Zug von Kreidegesteinen ist es, welcher in der Richtung von SO. gegen NW. aus Bulgarien, durch das östliche Serbien, das Land O. von der, die westliche Grenzscheide bildenden unteren Morawa, bis an die Donau streicht und dort den Anschluss findet an den östlichen Sedimentzug der Banater Gebirge, wie dies schon aus der Darstellung, welche Boué auf seiner Mscpt.-Karte gegeben hat, hervorgeht.‘ Toula, Grundlinien, S. 40.

32 Hochstetter nennt die Punkte: Misiwri, Aidos, Karnabat, Sliwno, Kisanlik, Kalofer, Karlowa, Slatica, Pirot. F. v. Hochstetter, Die geolog. Verhältn. des O. Theiles der europ. Türkei; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 399.

33 C. v. Fritsch: Beitrag z. Geognosie d. Balkan; Vortr. gehalten in d. Naturf. Gesellsch. zu Halle, 15. Nov. 1879; S. 9, 10.

34 P. M. Lessar, Bemerk. üb. Transkaspien u. die benachbarten Landstriche; Peterm. geogr. Mitth. 1884, XXX, S. 281—296, Taf. XI. Aus den nördlichen dieser Ketten stammen auch die von Neumayr erwähnten untercretac. Ammoniten; Verh. geol. Reichsanst. 1881, S. 325. — G. Sievers, Die Russ. milit. Expedition nach d. alten Oxus-Bette u. s. w. Peterm. Mitth 1871, S. 287—292.

35 E. Tietze, Bemerk. üb. die Tektonik des Albursgebirges in Persien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 375—430; einzelne Angaben üb. diese Erscheinung auch schon bei C. Grewingk: Die geognost. u. orogr. Verhältnisse des N. Persiens; 8° Petersburg, 1853; 148 pp. u. Karte (aus d. Verh. Min. Ges. Petersb. 1852—1853).

36 E. Tietze, Der Vulkan Demavend in Persien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1878, XXVIII, S. 169—206, Karte. Stebnitzky nimmt im Gegensatze zu anderen Beobachtungen nur eine Höhe von 18.600 Fuss an (nach trigonometrischen Messungen vom kaspischen Meere aus).

37 F. Wähner, Brief im Anzeig. Akad. Wien, 22. Juni 1882, S. 143—145.

38 Khanykof bei Abich, Bull. Ac. Petersb. 1858, XVI, p. 340—352. Bei der Aufzählung der Gebirgsrichtungen ist es nöthig, die vulcanischen Regionen auszuscheiden, um das wahre Streichen der Falten zu finden.

39 H. Abich, Das Meschische od. Karthli-Imeretinische Gränzgebirge in geol. u. climat. Beziehung; Bull. Acad. Petersb. 1851, IX, S. 29—45; dess. Geol. Beobacht. auf Reisen in d. Gebirgsländern zwisch. Kur u. Araxes, 4° Tiflis, 1867; dess. Geol. Forschungen in d. kaukas. Ländern, II. Geol. des Armen. Hochlandes, Westhälfte; 4° Wien, 1882, insb. S. 5—11 u. an viel. and. Orten.

40 H. Abich, Der Ararat, in genetischer Beziehung betrachtet; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1870, XXII, S. 69—91, Taf. u. insb. Geol. Forsch. in d. kauk. Länd. II, Atlas, Karte II.

41 Das Streichen dieser Ketten ergibt sich am deutlichsten aus dem Kärtchen von Tschihatscheff im Bull. soc. géol. 1851, 2. sér. VIII, pl. VI.

42 J. Černik's Techn. Studien-Expedition durch die Gebiete des Euphrat u. Tigris; hggeb. v. A. Freih. v. Schweiger-Lerchenfeld; Peterm. Mittheil. 1875, 76, Ergänz.-Hefte 44 u. 45; Karten; insb. I, S. 10; auch das Kärtchen bei Puchstein, Sitzungsb. Akad. Berlin, 1883, I, S. 29; den Serpentin im Tigristhale beschreibt War. Smyth, Geol. Features of the Country round the Mines of the Taurus in the Pashalic of Diarbekr; Quart. Journ. geol. Soc. 1845, I, p. 330—340.

43 A. Gaudry, Géologie de l'Ile de Chypre; Mém. soc. géol. 1859, 2. sér. VII, p. 149—314, Karte; F. Unger u. Th. Kotschy, Die Insel Cypern; 8° Wien, 1865. Cypern scheint in der That nur die Fortsetzung der beiden Züge von Serpentin, Euphotid und cretacischem Kalkstein zu sein, welche als Mussa-dagh (Amasus) und Dj. Okrah (Cassius), zu beiden Seiten des Orontes das Mittelmeer erreichen; dieser Annahme steht nur entgegen, dass nach Russegger der N. Theil des Dj. Okrah ein entgegengesetztes Streichen besitzt (Reisen, I a, S. 450). Die Frage der Beziehungen des Libanon zum Taurus ist eine ganz offene und neuere Untersuchungen sind hier höchst wünschenswerth. Die tertiären Gypslagen scheinen von Schugr am oberen Orontes her das Meer zu erreichen; nach Pruckner finden sie sich auf der Höhe des Dj. Okrah. Antiocheia steht nach Ainsworth und Russegger auf Serpentin.

44 Die betreffenden Schriften sind in Denkschr. Ak. Wien, 1880, XL, enthalten; M. Neumayr, Tektonischer Theil, eb. das. S. 383—395.

45 V. Raulin, Descript. phys. de l'Ile de Crète; 8° Paris, 1869, 2 Bde., Karte.

46 F. v. Hochstetter, Asien, seine Zukunftsbahnen und seine Kohlenschätze; 8° Wien, 1876, S. 24.

47 Neumayr, am ang. O. S. 391.

48 N. Ssewerzow u. J. Borszczow, Geol. Beobacht. angestellt in d. W. Theile der kirgis. Steppe; Bull. Acad. Petersb. 1860, II, p. 202; Ssewerzow, Ist der Ust-Urt eine Fortsetzung des Ural-Gebirges? eb. das. 1862, IV, p. 483—487. — Ein Profil eines nördlicheren Theiles der Mugodjaren gibt Jakowlew, bei Helmersen, eb. das. 1883, XXVIII, p. 364 u. folg.

49 A. Karpinsky, Geol. Beobachtungen im Orenburg'schen Kreise; Verh. russ. Min. Gesellsch. 1874, 2. ser. IX, S. 212—310, Karte u. Taf.; Murchison, Verneuil and Keyserling, The Geol. of Russia in Europe and the Ural Mountains; 4° London, 1845. p. 463.

50 Karpinsky, Geol. Forschungen u. Steinkohlenschürfungen an d. östl. Seite des Ural; Gornoi Journ. 1880, a, S. 84—100, Karte.

51 Ernst Hofmann, Der N. Ural und das Küstengebirge Pae-choi; 4° Petersb. 1856, II, S. 207—281, Atlas; auch A. G. Schrenk, Reise nach d. NO. des europ. Russland; 8° Dorpat, 1854, II.

52 Graf Wilczck's Nordpolarfahrt im J. 1872; H. Höfer, Ueb. den Bau Nowaja Semlja's; Peterm. geogr. Mitth. 1874, S. 297—305; F. Toula, Eine Kohlenkalkfauna von d. Barents-Inseln; Sitzungsb. Ak. Wien, 1874, LXXI, S. 527—608 u. Taf.

53 Alex. Graf Keyserling, Wissensch. Beobacht. auf einer Reise in d. Petschoraland, 4° Petersb., 1846, S. 337—406. Schrenk am ang. Orte I, S. 634—702; Al. Stukenberg, Bericht üb. die geol. Reise in das Petschoraland u. die Timan'sche Tundra; Material. z. Geol. Russland's, 1875, VI, S. 1—125, Karte u. Taf.

54 Dies entnehme ich aus Schrenk und Stukenberg; Ruprecht's Veröffentlichungen über diesen Gegenstand zeigen nur, dass im NW. Theile von Kanin noch Höhen von höchstens 1000 Fuss auftreten; Beitr. z. Pflanzenkunde des russ. Reiches, II, 1845; Flores Samojed. Cisural. p. 5.

NEUNTER ABSCHNITT.

Südamerika.

Die brasilische Masse. — Die argentinischen Ketten. — Die bolivischen und chilenischen Anden. — Die Küsten-Cordilleren und Patagonien. — Peru. — Ecuador, N. Granada und Venezuela. — Uebersicht.

Die brasilische Masse. Vom atlantischen Ocean her nähern wir uns dem weiten südamerikanischen Festlande.

Der vorliegenden Inseln sind nur wenige, und auf ihnen herrscht vulcanisches Gestein. Fernando Noronha besteht aus Phonolith und Basalt; noch auf den Abrolhos erscheint eine vulcanische, wahrscheinlich basaltische Felsart, eingeschaltet in Schichten, welche vermuthlich der Kreideformation zufallen. Auf dem Festlande aber fehlt mit Ausnahme weniger Vorkommnisse, welche höchstens bis in die Kreideformation heraufreichen, weit und breit jede Spur einer jüngeren eruptiven Thätigkeit.

Seitdem in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts durch österreichische Bergleute und Reisende nähere Kenntniss von dem Baue Brasilien's gesammelt worden ist, haben die geologischen Beobachtungen auch in diesem ausgedehnten Reiche sich vermehrt und es sind durch die Anstrengungen des früh verstorbenen Hartt und seiner Nachfolger die Umrisse der Structur bekannt geworden.[1]

Wir werden das Land in der vielgerühmten Bucht von Rio betreten, dann nach einem flüchtigen Blicke auf das Innere an die östlichsten Küstenprovinzen treten, hierauf den Bau der grossen

Niederung des Amazonenstrom's, endlich über die Grenzen Brasilien's hinaus, jenen von Guayana bis an den Orinoco betrachten. Hier, am Apuré und Orinoco, ist die nördliche Grenze jenes grossen, einheitlich gebauten Theiles der Erdoberfläche erreicht, welcher als die brasilische Masse bezeichnet wird.

Rio de Janeiro ist von den ältesten Felsarten des Continentes umgeben. Weit noch gegen Süden durch die Provinz S. Paolo hin bricht die Serra do Mar steil gegen das Meer ab. Der Parahyba sammelt seine Wässer in einem der Küste parallelen Längenthale und erreicht endlich quer über das Streichen des alten Gneissgebirges das Meer, aber jenseits von diesem Längenthale fliessen die Wässer landeinwärts und die Wasserscheide des ausgedehnten Festlandes liegt nahe an seinem Rande. Es ist, als hätte man den Rand einer Schale erklommen, wie an den Ghâts in Indien.

Weiter landeinwärts, in der Serra Mantiqueira und weithin gegen N. und NW. folgen in grosser Mannigfaltigkeit versteinerungslose Schiefer und Quarzite, Hornblende- und Talkgesteine, körniger Kalk und die Itacolumit-Serie, von Vielen als die obere Abtheilung der archaischen Gruppe, von Hartt und Anderen zum Theile schon als die Vertreter der untersilurischen Zeit angesehen.[2]

Auf diesen lagern grosse horizontale Schollen von devonischen und carbonischen Ablagerungen, endlich, in Tafelberge aufgelöst, eine mächtige Decke von versteinerungslosem Sandstein.

Südlich von Rio gibt die Provinz Paraná nach der Darstellung Orville Derby's ein gutes Bild dieser Gesteinsfolge. Die Serra do Mar heisst hier, ihrer seltenen landschaftlichen Schönheit entsprechend, Serra Graciosa. Sie erhebt sich schroff aus dem Meere in ONO. streichend und mit steilem Schichtenfalle. Sie besteht aus Granit, porphyritischen Felsarten und schiefrigem Gneiss, in Verbindung mit sehr alten Eruptivgesteinen. Weiter gegen W. trifft man Serpentin und Marmor, Talkschiefer, Quarzite und Itacolumit und alle bezeichnenden Glieder der jüngeren Serie, wie sie durch Bahia und Minas Geraës und wahrscheinlich auch durch Rio grande do Sul fortstreichen. Etwa 50 Kilom. W. von Curityba zieht ein Steilrand von Nord gegen Süd quer durch Paraná. Der untere Theil desselben besteht aus den steil gestellten Schichten

derselben jüngeren archaischen oder untersilurischen Serie, der obere Theil dagegen aus horizontalen Bänken von grobem weissem Sandstein, welcher von zahlreichen Grünsteingängen durchsetzt ist. Noch weiter gegen West schalten sich Schiefer ein mit devonischen Fossilien. Am Ivahy erscheint auch ein devonischer kieseliger Kalkstein. Vielleicht ist auch die Carbonformation vertreten. Die Oberfläche hat sich etwas gesenkt und man trifft auf einen zweiten Steilrand, die Serra de Esperança, mit 1040 M. Seehöhe. Er zieht auch quer über die ganze Provinz. Der untere Theil besteht aus weichem rothem Sandstein und der obere aus einer 100 M. oder darüber mächtigen Decke von Mandelstein. Diese grosse Decke, welche wahrscheinlich von mesozoischem Alter ist, scheint sich gegen Süd der Serra do Mar zu nähern und am Uruguay sehr ausgebreitet zu sein.[3]

Devonische und carbonische Schollen setzen sich fort einerseits durch Rio grande do Sul und andererseits durch S. Paolo; in Maranhao und Matto Grosso, am Guaporé und am oberen Paraguay sollen carbonische Schichten vorkommen. Horizontale oder doch nur sehr wenig geneigte Schichten von versteinerungslosem Sandstein treten in Minas Geraës und S. Paolo als die in einzelne Chapada's, d. i. Tafelberge, aufgelösten Reste einer einst zusammenhängenden Decke von Sandstein auf. Sie erreichen Seehöhen von 2000—3000 Fuss, breiten sich gegen Matto Grosso aus, bilden eine grosse zusammenhängende Decke zwischen dem Tocantins und dem Rio S. Francesco, aus welcher die archaischen Gesteine oft nur wie Inseln hervorragen, und sie erreichen durch die Provinzen Piauhy und Ceará die Nordküste.

Das Alter dieser Sandsteindecke ist nicht bekannt; vielleicht handelt es sich sogar um Ablagerungen von verschiedenem Alter. —

In den östlichsten Provinzen erkennt man an einigen Punkten, wie bei Estancia in Sergipe, dann im Gebirge oberhalb Rio de Contas den rothen Sandstein und Mergel von mesozoischem Alter wieder, der auf der Serra de Esperança in Paraná vorkommt, welcher von den amerikanischen Geologen der Trias der östlichen Vereinigten Staaten verglichen wird und wohl auch an ähnliche Ablagerungen unter der transgredirenden Kreide auf der spanischen Meseta erinnert.

An der Ostküste tritt bei Camamú S. von Bahia über Gneiss ein lockeres Gestein auf, welches reich an Erdöl ist und Turba genannt wird. In Bahia erscheint als tiefste Lage über dem Gneiss eine Süsswasserbildung mit Crocodilus, Melania, Vivipara, Unio und Estherien; unweit von Bahia ist in demselben Horizonte ein Knochenbett mit Resten von Dinosauriern und Crocodilus vorhanden. Diese Lagen, zu welchen vielleicht auch die Turba von Camamú gehört, werden dem Wealden oder dem Neocom gleichgestellt. Ueber denselben liegen marine mittelcretacische Schichten mit Buchiceras, hierauf obere Kreide mit Inoceramus, und ein höchstes Glied mit Mosasaurus. Es sind nach Hartt marine transgredirende Schollen der Kreideformation in Piauhy, Ceará, Parahyba do Norte, Pernambuco, Alagoas und S. von Sergipe bis Bahia, ja wahrscheinlich bis zu den Abrolhos vorhanden,[4] und es scheint die ganze Niederung des Amazonenstromes von solchen cretacischen Bildungen unterlagert zu sein. Die südlichsten cretacischen Fossilien des Ostens stammen von Bahia.

Sehr weit im Westen werden wir in der argentinischen Republik wieder auf Süsswasserschichten mit Melania und auf Erdöl stossen; diese Ablagerungen treten unter dem Westrande der Ebenen von Matto Grosso hervor, und man vermuthet, dass sie jenen von Bahia entsprechen. Eine so ausserordentliche Verbreitung ist allerdings schwer zu verstehen. —

Wir betreten nun das Flussgebiet des Amazonas, abermals einer lehrreichen Schilderung Orville Derby's folgend, welche die bisherigen Forschungen in dieser ausgedehnten Niederung zusammenfasst.[5]

Dieses Flussgebiet liegt so tief, dass Chandless weit im Westen, schon nahe dem Ostabhange der bolivischen Anden, im oberen Laufe des Purús Höhen von nur 1088 Fuss nachweisen konnte. Von Norden und von Süden her nähern sich die älteren Felsarten dem grossen Strome. Die ältesten sichtbaren Glieder dürften der untersilurischen Serie angehören. Von Guayana her sind sie zu Tage erkennbar beiläufig bis zu einer Linie, welche in 1° nördl. Br. an der atlantischen Küste beginnt und bis in die Nähe der Vereinigung des Rio Branco mit dem Rio Negro in 1—2° südl. Br. reicht. Im Süden bilden dieselben Gesteine die Strom-

schnellen der südlichen Zuflüsse, und die Nordgrenze ihrer Aufschlüsse kreuzt beiläufig den Tocantins in 3—4°, den Tapajos in 4—5° und den Madeira in 8—9° südl. Br. Der Madeira scheint auf eine grössere Strecke hin die Westgrenze ihrer Sichtbarkeit zu bilden.

Im N. des Amazonas schliesst sich an diese älteren Gesteine in den Thälern des Trombetas, Curuá und Maecurú, wahrscheinlich aber an der ganzen Länge der Linie ein ziemlich breiter Gürtel von obersilurischen Schichten. Sie entsprechen dem Medina Sandstone der Niagaragruppe in Nordamerika. An der Südseite des Amazonas kennt man diese Zone nicht, doch dürfte sie noch aufgefunden werden.

Die nächste Zone, breiter als die silurische, ist von devonischem Alter und zerfällt in mehrere Gruppen. Man kennt sie im Norden in beträchtlicher Entwicklung längs der silurischen Zone und gegen W. bis an den Uatumá, einen kleinen Fluss zwischen dem Trombetas und dem Rio Negro. Auf der Südseite sind auch von dieser Zone nur Spuren bekannt, aber sie tritt mitten aus den Alluvien des Amazonas, W. von Monte Alegre, in den Trümmern einer von O. nach W. streichenden Antiklinale hervor.

Die Carbonablagerungen nehmen einen weit grösseren Raum ein. Sie reichen an der Nordseite des Stromes gegen O. wenigstens bis Prainha, erreichen bei Alemguer das Strombett selbst und erstrecken sich gegen West auch bis mindestens an den Uatumá. Im Süden breiten sie sich wahrscheinlich vom Tocantins bis zum Madeira aus, und sie sind insbesondere am Tapajos aufgeschlossen.

Die paläozoischen Ablagerungen bilden daher eine symmetrische Mulde, deren Mitte die Carbonschichten ausmachen, und nur die Antiklinale bei M. Alegre lässt devonische Ablagerungen in den Alluvien des Amazonas sichtbar werden. —

Es folgt eine ganz ausserordentliche Lücke in den Sedimenten. Die nächst jüngere, bisher aus diesem weiten Stromgebiete bekannte Bildung ist grober Sandstein, welcher in der Nähe von Ereré bis M. Alegre auf den Devonschichten liegt und Pflanzenreste enthält, die der Kreideformation zugeschrieben werden. Noch weit höher oben, westlich von Madeira, am Aquiri im Gebiete

des oberen Purús sind cretacische Bildungen sehr ausgedehnt; man kennt aus ihnen Reste von Mosasaurus und von Schildkröten.

So mag wohl zur Kreidezeit das Amazonasgebiet eine weite, von paläozoischen Ablagerungen begrenzte Bucht gewesen sein. Eruptivgesteine dringen bei Ereré bis in die Kreideschichten.

Bunte Lagen von Sandstein vertreten die jüngere Tertiärzeit, und zwar namentlich am unteren Strome zwischen Prainha und Almeirim. An der Basis dieser Ablagerungen ist von Pebas in Peru, nahe der Mündung des Ambayacú, blauer, Conchylien führender Thon bekannt. Boettger hat diese brackische Fauna untersucht und erklärt die Schichten von Pebas wegen ihres abweichenden Charakters als ‚Bildungen des Unterlaufes des ehemaligen Marañon, welche sicher in die oligocäne, vielleicht sogar in die eocäne Zeit hinabreichen‘.[6] —

Was bisher über den geologischen Bau des Landes N. von dem Gebiete des Amazonas bekannt geworden ist, lässt dasselbe als eine Wiederholung der südlichen Strecken erscheinen. Archaische Felsarten, unter welchen namentlich Granit genannt wird, bilden, wie es scheint, die ganze Unterlage desselben und sie werden noch an der Mündung des Caroni in den Orinoco sichtbar. Gewaltige Schollen von horizontal geschichtetem Sandstein liegen nach Sawkins in Britisch Guayana noch zwischen dem 4. und 6.° nördl. Br. auf dieser Unterlage. Nach den Berichten dieses Beobachters bildet eine solche, von zahlreichen Grünsteingängen durchzogene riesige Scholle sogar den horizontalen und ringsum steil abbrechenden, 7500 Fuss hohen Scheitel des Roraima an der Grenze gegen Venezuela.[7]

Jenseits des Orinoco aber liegt, wie sich bald zeigen wird, ein Land von abweichender Structur. —

Die argentinischen Ketten. Die Hochgebirge Südamerika's bestehen aus zwei Theilen, welche im südlichen Peru und in Bolivien, östlich von der Bucht von Arica, in stumpfem Winkel schaaren. Wir beginnen die nähere Betrachtung ihres Baues in dem südlichen Theile, und zwar in der argentinischen Republik, wo unter Burmeister's Führung eine Schule von Forschern herangewachsen ist und die Untersuchungen weiter vor-

geschritten sind als in anderen Theilen des grossen, vom caraibischen Meere bis zum Cap Hoorn ziehenden Gebirges.

Von dem bolivischen Hochlande streichen mehrere parallele Ketten von Nord gegen Süd in den Westen der argentinischen Republik herab. Die westlichsten von ihnen reihen sich an die Hauptkette der Anden, und die östlichsten werden von den Pampas umgeben. Aber es haben mehrere Beobachter, wie der um die Kenntniss dieser Gegenden hochverdiente Stelzner, darauf aufmerksam gemacht, dass auch die viel weiter im Südosten, zwischen Buenos Aires und Bahia Blanca sich erhebenden und gegen SO. streichenden Höhenzüge wegen der Uebereinstimmung ihrer Felsarten den west-argentinischen Sierren anzuschliessen sind.[8]

So führt uns der erste Blick auf die Anden ostwärts gegen Cabo Corrientes hinaus. —

Der nördlichste Theil der argentinischen Ketten in den Provinzen Salta und Jujuy, etwa vom 22. bis zum 25.° südl. Br., wurde von Brackebusch untersucht. Wir befinden uns im Quellgebiete des Rio Vermejo. Im Westen, innerhalb des Hochgebirges, reiht sich daran das abflusslose Gebiet der Salinas de la Puna. Die verbreiteten kartographischen Darstellungen sind sehr irrig, und es ist nach Brackebusch, welchem ich nun folge, die Lage von Oran wohl um einen vollen Grad weiter gegen West zu verlegen.[9]

Aus dem Gran Chaco erhebt sich zuerst nahe dem östlichen Fusse dieser nördlichen Gebirge eine mächtige Reihe von Ablagerungen, welche durch ihren Reichthum an Erdöl und an Kochsalz ausgezeichnet sind. Es sind Lagen von buntgefärbtem Sandstein, auch Dolomit und Gyps. Sie enthalten Fischreste und an einzelnen Stellen eine grosse Anzahl von kleinen Gastropoden; schaarenweise erscheint Chemnitzia (Melania) Potosensis Orb. Die Meinungen über das Alter dieser Ablagerungen gehen weit auseinander; Brackebusch stellt sie an die Grenze von Jura und Kreideformation und erwähnt, dass der stellenweise in Salta und Jujuy hervortretende Quarzporphyr stets mit dem buntgefärbten Sandstein in Verbindung sei.[10]

Diese erdölführenden Ablagerungen haben eine ganz ausserordentliche Ausdehnung; sie bilden wahrscheinlich den Untergrund des Gran Chaco und erstrecken sich weit gegen Nord

und Süd an dem Ostrande des Gebirges, und Brackebusch möchte sie mit den von der Ostküste bei Bahia erwähnten Vorkommnissen von Erdöl und von Süsswasserbildungen vereinigen.

Aus diesen selben Ablagerungen besteht aber nicht nur der Untergrund der Ebenen; sie haben auch an der Bildung der Gebirgszüge theilgenommen und erscheinen nicht nur in den Tiefen der Thäler, welche die Parallelzüge trennen, als lange, weit nach Bolivien vordringende meridionale Züge, sondern sie liegen auch in grosser Höhe auf den Ketten selbst, so wohl 5000 M. hoch auf der Sierra de Zenta, welche das grosse Längenthal von Humahuaca gegen Osten begrenzt.

Die Ketten bestehen aus zumeist steil aufgerichteten Lagen von Quarzit, Schiefer und Grauwacke, welche primordiale und untersilurische Versteinerungen enthalten. Der Hauptzug silurischer Gesteine zieht von den bolivischen Hochgebirgen, von Potosí und Tarija durch Jujuy und Salta herab und bildet endlich die nicht sehr hohe Sierra de S. Javier an der Ostseite des Nevado de Aconquija, W. von der Stadt Tucuman. Ihre wichtigsten Parallelzüge gegen West sind: S. del Aguilar, welche die granitische Unterlage sichtbar werden lässt und sich aus der Ebene der Puna zu 5300 M. erhebt, dann S. de Cochinocha und die minenreiche S. de Cabalonga, welche beide nach Bolivien streichen, und deren letztere von den grossen Trachytmassen umgeben wird, welche das Grenzgebirge bilden. Der Nevado de Aconquija besteht aus Granit und Gneiss und setzt sich nordwärts zwischen den silurischen Ketten fort; seine Ausläufer erscheinen an der Westseite der Salinas de la Puna und, wie gesagt, an dem Fusse der Sierra del Aguilar.

Auch an der Ostseite der Hauptkette sind silurische Nebenketten vorhanden; eine derselben, die östlichste, weicht von dem allgemeinen Parallelismus ab, zieht gegen NNO. ab, bildet die Sierra de S. Barbara und S. de Maiz Gordo, und taucht, bevor sie den Rio Vermejo erreicht, unter den Gran Chaco hinab.

Die silurischen Züge sind, namentlich im Westen, von sehr zahlreichen trachytischen Gängen und Stöcken durchbrochen. —

Durch Stelzner wissen wir, dass diese Ketten noch weit gegen Süd, ja bis zum 33.° südl. Br. fortsetzen.[11] Sie sind lang und

schmal, oft schroff und von beträchtlicher Höhe, dabei wenig von der Richtung des Meridian's abweichend. Gegen West sind sie im Allgemeinen etwas enger aneinander gedrängt; ostwärts treten sie weiter auseinander. Die Schichtstellung ist steil. Ein Theil dieser Ketten besteht aus krystallinischem Schiefer, Gneiss und Granit; hiezu treten ausgedehnte Ausbrüche porphyrischer Felsarten, auch von Trachyt, seltener von Basalt. Westlich von S. Juan läuft von N. gegen S. ein langer Zug von Kalkstein, dessen untersilurisches Alter Kayser nach Stelzner's Funden auf eine Erstreckung von 150 Kilom. nachgewiesen hat. Im Osten der S. Famatina streicht ein Parallelzug von gleichfalls untersilurischem Alter.[12]

An dem Ostabhange derselben Sierra und ihrer südlichen Fortsetzung, sowie an mehreren Stellen in den Provinzen La Rioja, S. Juan und Mendoza tritt bituminöser Sandstein und Schiefer in langen meridionalen Zügen auf. Es ist die Fortsetzung der erdölreichen Ablagerungen von Jujuy und Salta, doch wird ihnen hier nach den Pflanzenresten, welche sie enthalten, rhätisches Alter zugeschrieben.[13]

In den weiter gegen Ost liegenden Sierren, zwischen S. Luis und Córdoba, sind silurische Fossilien noch nicht nachgewiesen. Insbesondere bestehen die östlichsten und zunächst bei der Stadt Córdoba sich erhebenden Ketten, nämlich S. Ischilin, S. Achala oder S. de Córdoba, und S. Cerezuela nur aus Gneiss, archaischem Schiefer, Marmor und Durchbrüchen von Granit und Trachyt.[14]

Wir gelangen nun zu den gegen SO. bis OSO. streichenden Gebirgszügen der Provinz Buenos Aires, welche einen Theil von Burmeister's ‚System der südlichen Pampas‘ ausmachen. Es sind dies zwei Ketten, nämlich Sierra Tandil, welche Cabo Corrientes bildet, und südlich von dieser S. de la Ventana, welche die höhere ist und 1030 M. erreicht. D'Orbigny's Begleiter Parchappe, Darwin, dann Heusser und Claraz haben sie besucht, doch ist es erst seit Doering's Schilderung möglich, ihren Bau genauer zu beurtheilen.[15]

Beide Gebirgszüge bestehen aus denselben Felsarten und beide sind in demselben Sinne monoklinal; die Neigung ihrer Schichten ist gegen SW. gerichtet und die ältesten Glieder sind an der NO. Seite sichtbar.

Den NO. Saum der S. Tandil bildet Granit; ihm folgt, ziemlich steil in SW. fallend, Gneiss, und diesem ist discordant mit weit geringerer Neigung eine Serie von Talkschiefer, Thonschiefer, Dolomit und wohlgeschichtetem Quarzit aufgelagert, deren petrographische Uebereinstimmung mit den silurischen Ablagerungen der westargentinischen, meridionalen Ketten von den besten Kennern des Landes anerkannt ist. Der SW. Abhang der Sierra ist sehr flach; der Quarzit liegt sogar streckenweise fast horizontal, und ist in Tafelberge aufgelöst.

Der zweite Gebirgszug, in der Regel unter dem Namen S. de la Ventana zusammengefasst, besteht aus mehreren Theilen. Der erste ist die lange, aus WNW. herbeiziehende S. de Cura-Matal; sie setzt sich in der Kette von Pilla-huincó gegen OSO. fort, und wo diese beiden Züge sich vereinigen, streicht unter sehr spitzem Winkel, etwas mehr in SO. die höhere S. de la Ventana ab. Sierra de Pilla-huincó besteht, so weit sie bekannt ist, aus Gneiss; die beiden anderen Züge sind Quarzit. Dieser ist aber weit steiler aufgerichtet als in S. Tandil, oft sogar senkrecht, und die zackigen und scharfen Kanten der zerklüfteten Mauern von Quarzit bilden einen sonderbaren Gegensatz zu der weiten Fläche der Pampas, auf welcher sie sich erheben.

Die Vermuthung, dass diese gegen SO. ausstreichenden Sierren nur die abgelenkte Fortsetzung der aus denselben Felsarten aufgebauten meridionalen Sierren seien, erhält eine Bestätigung dadurch, dass weiter im Westen, an den Ufern des Chadí-Leuvú (Rio Salado), Granit und Porphyr aus der Ebene hervorragen, welche bis zu den Precordilleras, d. i. bis zu den östlichen Nebenzügen der Anden sich nach Doering durch eine Reihe von einzelnen Kuppen allem Anscheine nach fortsetzen. Diese Reihe zieht von der Sierra de Choique-Mahuida, welche sich in 38° 5′ südl. Br. an der Nordseite des Rio Colorado etwa 100 M. über die Ebene erhebt, zu der 60—70 Kilom. gegen NNW. gelegenen S. de Lihué-Calel in der Nähe des grossen Lago Urre-Lauquen, dann zu der 50 Kilom. weiter gegen NNW. gelegenen S. de Luan-Mahuida und durch andere Kuppen zu den Sierren von Luan-Có und Auca-Mahuida, welche mit den hohen Meridionalketten der Precordilleras zusammenhängen.

Noch ragt an der Ostküste, bei S. Antonio, in der Bahia de S. Matias, ein vereinzelter Porphyrfelsen hervor.

Horizontal gelagertes tertiäres und noch jüngeres Land bildet die patagonische Tafel, und weit im Süden, an dem Ende des Continentes, vollzieht sich die Beugung der Anden gegen Staten Island. Diese Beugung erfolgt genau in demselben Sinne, in welchem durch die angeführten übereinstimmenden Umstände die Beugung der westargentinischen meridionalen Sierren gegen S. Tandil und Cabo Corrientes, gegen S. de la Ventana und gegen die Kuppe von Choique-Mahuida angezeigt wird. Diese Uebereinstimmung zeigt die Allgemeinheit der Bewegungen und weist darauf hin, dass die Aeste der Anden gegen Süd und Südost in ähnlicher Weise auseinandertreten wie die westlichen Aeste des Tian-schan.

In die weiten Flächen, welche durch die Virgation gebildet werden, treten die jungen, flachgelagerten Sedimente. Noch von S. Maria in Catamarca (etwa 26° südl. Br.) erwähnt Stelzner Sandstein mit Bivalven als die mögliche Spur einer tertiären Meeresablagerung.[16]

Vielleicht zeigt der in der Provinz Salta gegen NNO. abgehende Zug der Sierra de Maiz Gordo (25—24° südl. Br.) eine ähnliche Virgation nach der entgegengesetzten Richtung an.

Die bolivischen und chilenischen Anden. Die Ketten der Anden streichen im südlichen Peru und in Bolivien gegen Südost, in Chile gegen Süd, und wenden sich in Patagonien erst gegen Südost, dann rein gegen Ost, in der Richtung von Staten Island. Es folgt der Verlauf der Küste sehr genau diesen Aenderungen des Streichens, und die Bucht von Arica, sowie der eigenthümlich ostwärts geschwungene Umriss der südlichsten Theile Amerika's erhalten hiedurch ihre Bedeutung.

Im südlichen Peru sind zwei sehr hohe und mehrere untergeordnete, parallele Ketten vorhanden. Von den beiden Hauptketten wird die westliche, welche die Wasserscheide gegen den atlantischen Ocean bildet, als die Cordillere der Anden im engeren Sinne bezeichnet, obwohl die östliche Cordillere, welcher Illimani und Illampu angehören, namentlich in ihrem südlichen Theile

grössere Höhen erreicht. Diese letztere ist von Querthälern durchbrochen, welche ostwärts führen.

In Chile besteht nur ein Hauptzug der Cordillere, welcher, wie sich weiterhin zeigen wird, als die Fortsetzung des westlichen Zuges von Peru anzusehen ist. Westlich von diesem Zuge, gegen das Meer hin stellen sich aber in Chile ganz eigenthümliche Verhältnisse ein. Hart an der Küste läuft nämlich eine Anzahl selbständiger Gebirgsstücke hin, für welche wir den Gesammtnamen der Küsten-Cordilleren verwenden werden. Zwischen diesen und dem östlichen Abhange der Anden liegt im Norden die Wüste Atacama, weiter im Süden das grosse Längenthal von Chile; noch südlicher, am Meerbusen von Corcovado und dem Canal Moraleda verschwindet der Hauptzug der Cordilleren.

Vergleicht man nun Domeyko's orographische Darstellungen der Provinz Aconcagua mit den hydrographischen Aufnahmen des Capt. Simpson im Süden, so zeigt sich folgender Zusammenhang. In der Provinz Aconcagua zieht eine Anzahl tiefer Thäler von den Anden quer durch die Küsten-Cordilleren unmittelbar zum Meere, aber auf der Höhe der trennenden Rücken ist auf einer Linie, welche von Nord gegen Süd läuft, in der fast gleichen Höhe von 12—1300 M. eine Reihe von niedrigeren Einsattlungen vorhanden. In die Fortsetzung dieser Einsattlungen fällt das grosse chilenische Längenthal. Man möchte wohl meinen, es sei in Aconcagua einem älteren, longitudinalen Thalsystem ein querlaufendes, jüngeres aufgesetzt, so dass heute die Lage des älteren Längenthales nur auf der Höhe der Querzüge durch Einsattlungen erkennbar bleibt. Im Süden tritt ein anderer Fall ein. Das Meer ist nicht nur in die Fortsetzung des Längenthales eingetreten, sondern man sieht die steilen, gletschererfüllten Querthäler des Festlandes in ihrer Lage auffallend entsprechen den Meeresstrassen, welche Chiloë und die einzelnen südlicheren Inseln von einander trennen, als wäre eben jenes System von Querthälern ebenfalls überfluthet, welches einstens auch hier das Längenthal kreuzte.[17] —

Die Küsten-Cordilleren sind schon in Peru durch einige längs der Küste vorhandene Trümmer kennbar, aber erst gegen Süd gewinnen diese Trümmer Zusammenhang. Sie bilden in Chile

nicht unbeträchtliche Höhenzüge, finden ihre Fortsetzung auf Chiloë, den Chonosinseln u. s. f. und bilden allein den südlichsten Theil der amerikanischen Gebirgszüge. Sehr eigenthümlich ist dabei das Abbrechen der Küstenlinie in rechtwinkeligen Zacken, welches an dem Morro de Mejillones, dann S. von Coquimbo und in den Busen von Talca-huano und Arauco sich wiederholt. —

Die Schaarung an der Bucht von Arica ist eine sehr allmälige und man sieht Zone für Zone aus dem südöstlichen Streichen Peru's in das meridionale Streichen von Chile übergehen. Schon die ältesten Sedimente lassen dieses erkennen.

Die hohe östliche Cordillere des südlichen Peru und Bolivien's, die Kette des Illimani und des Illampu, welche sich in ihren Gipfeln bis 6400 M. erhebt, besteht, wie Dav. Forbes gezeigt hat, mit Ausnahme der granitischen Unterlage, welche an dem NO. Fusse sichtbar wird, aus mächtigen, gegen SW. geneigten, paläozoischen Ablagerungen.[18] Silurische Schichten sind es, welche diese gewaltigen Höhen und so ziemlich alles hohe Gebirge bilden, welches vom nördlichen Cuzco durch die Cordilleren von Carabaja und Apollobamba gegen die argentinische Grenze sich hinzieht. Dieser grosse silurische Zug ist es, dessen Fortsetzungen wir im Westen der argentinischen Republik angetroffen und in zahlreichen meridionalen Zügen durch Jujuy, Salta, Tucuman, Catamarca, Rioja bis Mendoza kennen gelernt haben.

Auf die silurische Zone folgt in Peru und Bolivien gegen SW. eine devonische Zone und diese wird am Titicaca-See von gefaltetem Kohlenkalk überlagert. Der Kohlenkalk hat eine weite Verbreitung; man kennt denselben durch Raimondi weit gegen NW. bei Huanta und durch Toula weit in SO., bis etwa 10 Meilen von Cochabamba.[19]

Das nächstjüngere Glied der bolivischen Anden, dem Kohlenkalke folgend, ist eine sehr mächtige Serie von rothem Sandstein und Conglomerat, an vielen Orten reich an Kupfer, zuweilen von Gyps und häufig, ja fast allenthalben von Porphyr begleitet. Diese Serie hat bisher an organischen Resten nur verkieselte Stämme von Coniferen, dann schlecht erhaltene Blätter und Spuren von Reptilien geliefert. Sie wird dem Rothliegenden Europa's gleichgestellt; viele Merkmale weisen dahin, aber wir werden bald sehen,

dass in Chile dieselben petrographischen Merkmale einer weit jüngeren Zeit angehören.

Dieses Rothliegende ist im südlichen Peru das jüngste Glied der östlichen und zugleich die Unterlage der westlichen Cordillere, welche die Wasserscheide bildet und dort allein die Cordillere der Andes genannt wird.

Diese westliche Cordillere ist aus mannigfaltigen mesozoischen Ablagerungen, insbesondere des Jura und der unteren Kreide aufgebaut. Ihr sind die mächtigen Vulcane wie fremde Körper aufgesetzt.

So wie aber die östlichen, paläozoischen Ketten Bolivien's in ihrer Zusammensetzung mit den argentinischen Ketten übereinstimmen, so stimmt die Beschaffenheit der westlichen bolivischen Cordillere im Süden mit dem chilenischen Hauptzuge der Cordilleren überein. Die ältesten organischen Reste, welche diese geliefert hat, bestehen aus einer Avicula und aus rhätischen Pflanzenresten; die nächstfolgenden Meeresbildungen gehören dem Lias an und die Meeresbildungen halten an bis in die mittlere oder obere Kreide. Es ist eine wahre jurassische und cretacische Zone vorhanden, welche durch Peru, Bolivien und Chile bis zum 35.° und vielleicht noch weiter hinabzieht.[20]

Dieser Zone sind im Süden wie im Norden die Vulcane aufgesetzt. Ihre Aschen und Ströme haben einen sehr grossen Theil der mesozoischen Ablagerungen überdeckt. Jurakalk und Kreidekalk sind auch hier oft von trachytischen oder anderen eruptiven Felsarten durchzogen und die reichsten Silbervorkommnisse sind an diese Intrusionen gebunden.

Die Reihe der Vulcane zieht im Norden von Bolivien herüber. In 24° 45′ erhebt sich in derselben der Llullaico zu 6175 M. Dann folgen südlich V. del Chaco, V. de Dona Inéz, V. del Azufre, bis in etwa 26° südl. Br. das Ende der bolivischen Reihe junger Vulcane erreicht ist. Durch acht Breitegrade, bis gegen den 34.° fehlen nach Pissis junge Vulcane, doch sind vulcanische Felsarten auch auf der Zwischenstrecke vorhanden, so nach Güssfeldt's Untersuchungen in grosser Höhe auf dem Aconcagua, und es ist die Frage noch offen, ob dieser 6970 M. hohe Berg nicht einen Krater trägt.[21]

An dem westlichen Abhange und dem Fusse der vulcanischen Kette liegen im Norden die Salinas de Atacama, de Punta Negra, die Laguna del Pedernal u. And. und westlich von diesen ist als der östliche Rand der Wüste Atacama die jurassische und untercretacische Kalkzone der Anden sichtbar. Sie zieht über Caracoles herab, über den Cordon de Varas, unter Dona Inéz und der Laguna del Pedernal. Vor der Jurakette dacht die Wüste Atacama zum Meere und zur Küsten-Cordillere ab, aber nach Pissis erscheinen einige vereinzelte Schollen von rothem Sandstein bis gegen Paposo nahe am Meere und auch einzelne Vorkommnisse von mesozoischem Kalkstein bis an den Ostrand der Küsten-Cordillere, namentlich östlich und nordöstlich von Chañaral.[22]

Als Burmeister von Copocovana im Norden der argentinischen Republik (28°), von den nördlichen Ausläufern der Serra Famatina her, das Ende des bolivischen Hochlandes überstieg, traf er in der Nähe der chilenischen Grenze rothen Sandstein mit Gyps, begleitet von Porphyr und Trachyt, und endlich bei Juntas am Rio Copiapó die mächtige jurassische Kalkzone, welche von dem Ostrande der Wüste Atacama herabzieht.[23]

An einer langen Reihe von Punkten kennt man die Juraformation bis zu jenem Theile der Anden, welchem der Aconcagua angehört. Auch hier besteht das Gebirge mit Ausnahme der östlichsten Theile aus Felsarten, welche nicht älter als die permische, oder, nach Steinmann's Ergebnissen im Süden zu urtheilen, nicht älter als die rhätische Zeit sind. Pissis hat gezeigt, dass durch die Provinz Aconcagua an dem westlichen Gehänge der Anden der petrefactenreiche Jurakalkstein herabzieht bis gegen S. Felipe und Sta Rosa de los Andes, und dass am östlichen Abhange des Hochgebirges vom Cerro de la Ramada im Norden des Aconcagua bis zum Cerro del Juncal im Süden desselben ein jurassischer Schichtenkopf sich erstreckt.[24]

Der Gipfel des Aconcagua selbst liegt etwas östlich ausserhalb der Hauptkette und besteht, wie gesagt, aus vulcanischem Gestein.

Dieser jurassische Schichtenkopf ist es, welchen Stelzner an zwei Orten getroffen hat, und zwar N. vom Aconcagua am Passe de los Patos (Espinazito) in der Nähe des eben genannten C. de la

Ramada, und S. von demselben an der Incabrücke im Cumbrepasse. An beiden Orten scheint ostwärts die Unterlage zuerst aus grossen Massen von Porphyr, dann aus Granit zu bestehen. An der ersten Stelle sammelte derselbe jene Versteinerungen, durch welche von Gottsche eine Reihe von Horizonten der europäischen Juraformation nachgewiesen werden konnte. An dem zweiten Punkte gelangte Stelzner zu der Ansicht, dass die innerhalb der Juraformation sichtbaren Eruptivgesteine als Lagergänge von Trachyt, nicht als Einschaltungen von Porphyrdecken, wie man früher meinte, aufzufassen seien. Es würde demnach ein ganz ähnliches Verhältniss von Intrusion in Schichtfugen herrschen, wie es von Moesta im Norden aus den Silbergruben von Chañarcillo beschrieben worden ist.[25]

Diesem Ergebnisse stehen die späteren Angaben Steinmann's über die Cordillera von Coquimbo und Copiapó entgegen. Nach Steinmann liegt unmittelbar auf altkrystallinischem Gebirge sehr veränderter Kalkstein mit Avicula. Hierauf folgt, durch ein System von Porphyr und Porphyrsandstein getrennt, eine Reihe von Conglomerat, Sandstein und Schieferthon mit einer Flora von rhätischem Gepräge, dann der Gryphitenkalk des Lias mit Arietites, Gryphaea arcuata u. And., hierauf der obere Lias, dann mehrere Stufen des europäischen unteren braunen Jura, namentlich jene des Harpoceras Murchisonae, H. Sowerbyi und Stephanoceras Sauzei. Ueber dieser letzten Zone liegt ein Tausende von Fussen mächtiges System von Porphyrsedimenten und Porphyr, welches dem Alter nach bis in die Kreideformation reicht. Bei Chañarcillo sind Mittelneocom und Urgon als Kalkstein, wieder mit europäischem Gepräge, vorhanden, und sie keilen sich in den Porphyrsedimenten aus.[26]

Hienach dürfte man wohl die buntgefärbten Sandsteinlagen mit Porphyr, welche Brackebusch auf den Höhen der silurischen Ketten von Jujuy antraf und der erdölreichen Zone zuzählte, als Theile der mesozoischen Reihe der grossen Cordillere ansehen.

Die Juraformation zieht sich nun gegen S., ist z. B. unter dem Vulcan S. José und ebenso unter dem Vulcan von Tinguiririca bekannt, und zwar zu beiden Seiten des Passes de las Damas. Hier soll nach einer Beobachtung Domeyko's der Granit in der

Tiefe des Tinguiriricathales, also an der Westseite der Cordillere, sichtbar sein.[27]

In der ganzen Provinz Colchagua, also bis 35° 21′ bleiben nach Pissis die mesozoischen Schichten westwärts auf die höchsten Kämme der Anden beschränkt und erreichen ihre grössere Entwicklung auf der Ostseite.[28] Diesem entsprechend fand Strobl jurassische Versteinerungen im oberen Thale ‚de las Leñas amarillas‘, fast zwei Tagereisen östlich von der Wasserscheide auf argentinischem Gebiete, in grünlichem Sandstein. Hier taucht östlich von den Anden Granit hervor und Trachyt erreicht eine grosse Ausdehnung. Der trachytische Detritus bildet die Oberfläche eines grossen Theiles oder der ganzen Gran Pampas del Sur, SW. von S. Rafael.[29]

Spuren mesozoischer Fossilien sind an dem Westabhange der Anden noch viel weiter gegen S. bekannt; selbst von Chiloë werden solche angeführt. Steinmann führt die vermuthlich untercretacische Trigonia transitoria von Caracoles in Bolivia, von der Cordillere von Chillan (36° 18′ südl. Br.) und noch aus der Nähe des Vulcan's Antuco (37° 16′) an. Die sonstigen Nachrichten aus diesen Gebieten, welche mir zur Verfügung stehen, sind nur äusserst spärlich und beziehen sich wahrscheinlich durchwegs auf cretacische Vorkommnisse, wie wir deren bald mehr aus dem Süden anzuführen haben werden. —

Es ergibt sich aus dem Gesagten, dass die Hauptkette der Cordilleren vom südlichen Peru durch Bolivien und Chile, mit Ausnahme einzelner archaischer Vorkommnisse im Süden, aus Sedimenten aufgebaut ist, welche nicht älter als die permische, wahrscheinlich nicht älter als die rhätische Zeit sind. Diese Sedimente tragen in geradezu erstaunlicher Weise Zone für Zone das Gepräge europäischer Jura- und Kreidehorizonte. Sie haben im Norden ihre hauptsächliche Entwicklung an der Westseite des Hochgebirges. Sie sind südwärts auf vielen Passhöhen zwischen den Vulcanen bekannt, liegen in der Gegend des Aconcagua in grossen Höhen, scheinen aber S. vom Vulcan Planchon mehr und mehr auf die Ostseite hinüberzutreten. Es ist fast, als sollte auch in dem Verlaufe dieser Zone die allgemeine Ablenkung der Anden gegen Südost zum Ausdrucke gelangen.

Ausgedehnte Massen vulcanischer Ergüsse und Aschen aus neuerer Zeit lasten auf dieser Zone. Grosse selbständige Trachytgebirge erscheinen auf oder neben derselben oder zwischen einzelnen Theilen derselben. Die thätigen Vulcane treten, wie gesagt, auf zwei getrennten Linien hervor. Die nördliche, von Bolivien bis zum 26.° südl. Br., ist ganz dieser Zone aufgesetzt. Die südliche beginnt in 34° in dieser selben Zone, aber während die jurassischen Ablagerungen gegen SO. abzuschwenken scheinen, setzt sich die vulcanische Linie gegen Süden fort.

Die Küsten-Cordilleren und Patagonien. Während die Hauptkette der Anden in Bolivien und Chile als die jurassische Zone eines weitläufigen System's von mehr oder minder parallelen Ketten sich zu erkennen gibt, ist es nach den vorliegenden, nicht ganz übereinstimmenden Nachrichten sehr schwer, sich über die Zusammensetzung der westlich folgenden Tiefenlinie Klarheit zu verschaffen.

Nach Pissis würde der Untergrund der Wüste Atacama, abgesehen von den bereits erwähnten Schollen von rothem Sandstein und mesozoischem Kalk, welche bis zur Westseite reichen, aus eruptiven Felsarten von verschiedenem Alter bestehen, und zwar sollen diese so angeordnet sein, dass die ältesten Eruptivgesteine gegen Westen sichtbar werden, gegen Ost aber immer jüngere folgen. Im Westen der Wüste, an der Küsten-Cordillere und einen Theil derselben bildend, führt Pissis syenitische Höhenzüge an. Diese werden gegen die grosse Depression hin sparsamer und an ihre Stelle treten Augitporphyr und Mandelstein, welche ihrerseits wieder gegen Ost dem Trachyt Raum geben. Noch weiter gegen Ost, auf der Höhe der Anden folgen dann junge Trachyte, Laven und Bimsstein.[30]

Gegen Süden wurde Aehnliches nicht bemerkt. Pissis gibt an, dass in der nördlichen Fortsetzung des chilenischen Längenthales und auch in südlicheren Theilen des Thales selbst, wie in den Provinzen S. Jago und Colchagua, der rothe, wohl mesozoische Sandstein den grössten Theil des Westabhanges der Anden und einen guten Theil der Seiten des Thales bilde. An vielen Stellen ist der Abhang der Anden mit den Laven und Aschen der

Vulcane bedeckt; bei Teno in Colchagua tritt sogar ein grosser Lavastrom von den Anden her quer über das Längenthal und trennt dasselbe. Ein beträchtlicher Theil der Niederung ist ausgefüllt mit einer ungeschichteten Decke von sandigem Thon, welcher Mastodon Andium enthält und nach Domeyko grosse Aehnlichkeit mit dem Thon der brasilischen Pampas besitzt.[31]

Sehr bezeichnend für den Bau der grossen pacifischen Ketten ist die Beschaffenheit der Cordilleren der Küste. Es muss erwähnt werden, dass diese Ketten im Norden nur durch Trümmer vertreten sind und dass sie erst im Süden Zusammenhang gewinnen. Ihre Gesteine sind in der Lagerung beträchtlich gestört, oft heftig gefaltet, stets von altem Aussehen. Hervorragende chilenische Geologen wollten in denselben die Vertreter der versteinerungsreichen silurischen und devonischen Formationen des bolivischen Hochgebirges erkennen. Aber man hat in dem ganzen Gebiete dieser Ketten noch nie in anstehendem Gestein eine bestimmbare Spur organischer Reste der paläozoischen Zeit aufgefunden und es kann daher diese Voraussetzung nicht als erwiesen gelten.

Wohl gibt d'Orbigny an, in einem der nördlichen Theile, im Morro de Arica, Bruchstücke von Productus in Kalkblöcken getroffen zu haben, welche in Porphyr eingehüllt waren, aber D. Forbes hat seither den Morro beschrieben und hält das carbonische Alter desselben nicht für erwiesen. Er traf dort einen Wechsel von fremdartigem Porphyr und verändertem Schiefer, sowie eine dünne Lage von Kalkstein mit sehr undeutlichen organischen Resten und hat kein Urtheil über ihr Alter zu fällen gewagt.[32]

Weiter im Süden treten Gneiss und Granit hinzu, und Glimmerschiefer und Quarzite. Dies ist schon in Atacama der Fall, doch bestehen auch die schwarzen Klippen bei Cobija aus einem dunklen, harten, mit Epidot durchsprengten Gestein, welches D. Forbes für ein durch den nahen Diorit oder Porphyr verändertes thoniges oder thonig-kalkiges Sedimentgestein zu halten geneigt ist.

Bei Mejillones ist Granit vorhanden und häufig wiederholen sich südwärts die Vorkommnisse von Granit an der Küste. Nördlich von Valparaiso trifft man an der Küste Gneiss, über dem-

selben Quarzit, zuweilen von Talkschiefer begleitet, und dann folgt als höchstes und am meisten ausgebreitetes Glied dieses stark gefalteten und gestörten Gebirges ein Wechsel von Schiefer, jaspisführenden Lagen und Quarzit.

Noch weiter südwärts, an den nördlichen Zuflüssen des Rio Rapel, löst sich die Küsten-Cordillere in eine Reihe niedriger, aber schroffer Berge auf, bald tritt jedoch knapp an der Küste eine neue Kette von mehr gerundeten Höhen hinzu. So streckt sich das Gebirge südwärts fort, übersetzt endlich die Strasse von Ancud und bildet die dem Busen von Corcovado vorliegende Reihe von Inseln.

Schon weit im Norden zeigen sich an den dem Meere zugekehrten Abhängen vereinzelte Schollen einer marinen Tertiärbildung, aber auch diese schliessen sich erst im Süden etwas näher aneinander und unter ihnen werden hier an vereinzelten Stellen auch Schollen der oberen oder mittleren Kreideformation sichtbar. Diese sind dem Gneiss, Quarzit oder Schiefer der Küsten-Cordilleren unmittelbar aufgelagert, und die Kohlenbaue, welche in ihnen getrieben werden, lassen zahlreiche Verwerfungen erkennen.

Die wichtigsten Aufschlüsse dieser Art, nämlich der obercretacische, baculitenreiche Grünsandstein von Tomé in der Bucht von Talcahuano und die tertiären Kohlenvorkommnisse der Bucht von Arauco wurden an früherer Stelle (S. 129, Fig. 6) erwähnt und bilden den Doppelzacken der Küste. Nördlich und südlich von dieser Strecke sind wiederholt jüngere Schichten sichtbar. Concha y Toro zählt die tertiären Schichten, welche in der Provinz S. Jago und insbesondere von Rio Maipo bis zum Vorgebirge von Topocalma der Küsten-Cordillere gegen das Meer hin anlagern, beiläufig in die mittlere Eocänzeit.[33]

Die Cord. de Nahuelbuta, welche als ein Theil der Küsten-Cordilleren durch Arauco zieht, nimmt nach Philippi gegen S. an Höhe und Breite zu, erreicht 1500 M. und besteht aus Granit und Glimmerschiefer. Gegen W. ist sie von einem etwa 150 M. hohen Plateau begleitet, welches von den tertiären kohlenführenden Ablagerungen gebildet ist.[34]

Deutlich erkennt man in den Buchten von Talcahuano und Arauco, dass die jüngeren Schollen ein Streichen im Sinne der

Cordillere und der Küste verfolgen, und da wir durch Darwin wissen, dass eine Anzahl aussenliegender kleiner Inseln, wie Mocha (38° 20′), Huafu SW. von Chiloë, dann Ypun (44° 36′), nach Simpson's Angaben wohl auch das SW. von Ypun gelegene Huamblin (Socorro), dann Lemu (45° 12′) aus marinen Tertiärschichten bestehen, scheinen ausgedehntere tertiäre Längenzüge im Sinne der Küste vorhanden zu sein.

Die Kenntniss der südwestlichsten und südlichsten Theile von Amerika beruht hauptsächlich auf den Beobachtungen, welche Darwin vor bald fünfzig Jahren hier sammelte, und aus den leider erst im Auszuge bekannten wichtigen Untersuchungen Steinmann's. Es ergeben sich folgende Grundzüge des Baues.[35]

Von Valdivia zieht eine Zone von Glimmerschiefer herab, welche den ganzen Westen und Süden von Chiloë bildet, während die Mitte dieser Insel aus Granit und Grünstein bestehen soll, im Norden derselben vulcanische Bildungen sich zeigen und ein grosser Theil des Ostens mit Block- und Geröllablagerungen gedeckt ist.

In den Chonos-Inseln sieht man wieder Glimmerschiefer und Thonschiefer, und in denselben einige alte eruptive Gesteine. Auf dem Festlande in etwa 45° 20′ in den Unterlauf des Rio Aysen eindringend, gewann Simpson den Eindruck, dass das Gebirge südlich und wahrscheinlich auch nördlich von demselben nicht mehr aus einer zusammenhängenden Cordillere bestehe, sondern aus vereinzelten Bergen, welche nur durch Verlandung vereinigt seien. Nördlich vom Aysen, unter M. Macá, verzeichnet derselbe noch einen kleinen, nicht thätigen Vulcan.[36]

Aehnliche Felsarten, wie die Chonos, bilden nach Darwin auch das Vorgebirge Tres Cerros (46° 50′); zum Glimmerschiefer tritt Glanzschiefer und ein schwach anthrazitischer Schiefer; es ist viel Quarz vorhanden; das Streichen ist im Durchschnitte N. 19° W.

Eine breite Zone einer sedimentären Felsart, welche Darwin als ‚Thonschiefer' bezeichnet, nach Steinmann aber durch die zahlreichen Einlagerungen von hartem Sandstein sich von jenen Ablagerungen unterscheidet, welche man in der Regel als Thonschiefer zu bezeichnen pflegt, zieht sich weit vom Norden, dem

letzten Beobachter zufolge sogar vielleicht schon von Valdivia her, an der Ostseite des Gebirges herab. Diese Zone erreicht in der Braunschweig-Halbinsel die Wässer der Magellan's-Strasse, bildet gegen SO. beide Seiten des Admiralitäts-Sundes, erreicht dann den Beagle-Canal nahe O. von seiner Gabelung, bildet beide Ufer desselben bis zur Strasse Le Maire und S. vom Beagle-Canal die ganze Navarin-Insel und die O. Hälfte der Hoste-Insel und der Hardy-Halbinsel. An den N. Rand dieser grossen Zone legen sich im Feuerlande die horizontalen tertiären und noch jüngeren Schichten, aus welchen bis zur S. Polycarp's-Bucht hinab das ganze tafelförmige Land besteht.

Diese grosse Gebirgszone ist von cretacischem Alter. Schon weit im Norden, zwischen Laguna Argentina und Laguna Rica traf Steinmann zwei durch verschiedene Arten von Inoceramus ausgezeichnete Horizonte; S. davon, am Fusse des Cerro Painé (etwa 51° 30′) fand derselbe ein jungcretacisches Haploceras, Ananchytes u. And., endlich zwei Grade südlicher, am Rio S. Juan auf der Halbinsel Braunschweig abermals Inoceramen. Am M. Tarn und bei Port Famine sind dunkle, kalkige Einlagerungen vorhanden; hier wurden zuerst von Hombron und Grange, dann von Darwin untercretacische Fossilien gefunden; Ancyloceras simplex Orb. kommt hier vor. In dem SO. Theile dieser Zone endlich, in Nassau-Bay, traf Dana in Menge jenes sonderbare, zu den Belemnitiden gehörige Fossil, welches er Helicerus fuegensis nannte.[57]

Diese cretacische Zone nimmt stellenweise ein ganz paläozoisches Aussehen an. Der Schiefer ist von Gängen, häufig auch von grösseren Massen eines älteren hornblendereichen Eruptivgestein's durchbrochen. Solche ältere eruptive Felsarten nehmen beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Wollaston-, Hermite- und Hoorn-Inseln. Die vorliegenden Inseln Ildefonso und Ramirez sollen nach Wedell's Aufsammlungen aus einer älteren porphyrartigen Lava bestehen. Jüngere vulcanische Vorkommnisse fehlen dem Feuerlande ganz.

Westlich von der Gabelung des Beagle-Canal's, sagt Darwin, treten die alten vulcanischen Felsarten zurück und man sieht Uebergänge des Thonschiefers in eine Zone von Glanzschiefer und von feinkörnigem Gneiss, welchem ein grosser Zug von

granatreichem Glimmerschiefer folgt. Den westlichen Theil des Gebietes scheinen nur Gneiss und Hornblendeschiefer zu bilden, welche auf kahlen Granitbergen ruhen, und diese Gesteine sind es wahrscheinlich, die sich nordwärts durch Desolation-Land fortsetzen. Die westlichste Reihe vorliegender Inseln besteht abermals aus den älteren Eruptivgesteinen.[38] —

Man bemerkt, dass im Süden die amerikanischen Gebirge eine volle Wendung im Streichen erst gegen SSO., dann gegen SO., gegen O., endlich, nach Darwin's Angabe, sogar gegen ONO. vornehmen.

Weiter ergibt sich, dass diese südlichen Gebirge nicht, wie man wohl anzunehmen gewöhnt ist, als eine Fortsetzung der Hauptcordillere anzusehen sind, sondern dass sie den Cordilleren der Küste entsprechen. Die Beschreibung des Morro de Arica, weit im Norden an der bolivischen Küste und etwa jene der Klippen von Cobija sind unter allen bisher erwähnten Vorkommnissen den Gebirgen des Feuerlandes am ähnlichsten.

Darwin war nicht ganz abgeneigt, die Züge von Gneiss und Glimmerschiefer als veränderte cretacische Gesteine anzusehen; Steinmann hat sich über diese wichtige Frage bisher nur zweifelnd und zurückhaltend ausgesprochen.[39]

Es hat sich gezeigt, dass die aus sehr alten Felsarten gebildeten östlichen Sierren der argentinischen Republik aus ihrem meridionalen Streichen gegen SO. in S. Tandil und S. Ventana ihre Fortsetzung finden. Es ist die Andeutung eines Abschwenkens der jurassischen Zone in demselben Sinne vorhanden. Nun sehen wir einen langen Gebirgszug, welcher als die Fortsetzung der Küsten-Cordilleren zu betrachten ist, ebenfalls in demselben Sinne gebeugt. Die jungen Vulcane folgen dieser Beugung nicht. Man dürfte hoffen, aus der Beschaffenheit der Falklands-Inseln weiteren Aufschluss zu erhalten; diese bestehen aber in ganz abweichender Weise aus gefalteten Schichten mit paläozoischen Fossilien.[40]

Peru. Das Hochgebirge von Potosí und Cochabamba sinkt gegen Osten zu der weiten, mit Urwald bedeckten Ebene von S. Cruz de la Sierra herab. Zwei grosse Ströme treten nahe aneinander aus dem Abfalle hervor, der Rio Grande, welcher nord-

wärts zum Amazonenstrome, und der Pilcomayo, welcher südwärts zum La Plata fliesst. Die Wasserscheide zwischen beiden ist aber so flach, dass auf derselben der Rio Parapiti in den Sümpfen des Urwaldes verloren geht und nur bei Hochwässern Abfluss findet.

Weithin umgibt nun die waldbedeckte Ebene den Ostfuss des Hochgebirges, bis aus derselben, schon näher der Grenze von Matto Grosso, eine lange und niedrige, den Anden parallele Kette hervortritt, deren südöstliches Ende die Alluvien des Paraguay erreicht, und welche, wie d'Orbigny gezeigt hat, aus Gneiss, altem Schiefer und Quarzit besteht.[41] Sie scheint eine ähnliche Lage zu den Anden zu haben wie die argentinische Sierra de Córdoba.

Wir wenden uns dem Hochgebirge im Westen zu. —

Dass gerade in den bolivischen Anden der Ausgangspunkt dieser Darstellung des Hauptzuges der Cordilleren genommen worden ist, hat nicht in irgend einer etwa gerade an dieser Stelle eintretenden Abänderung des Baues seinen Grund, sondern in der genaueren Kenntniss, welche wir von dieser Strecke besitzen. Aber es lässt sich nicht leugnen, dass nordwärts ganz allmälig andere Verhältnisse eintreten.

Im Süden sahen wir gegen das Innere des Continentes die parallelen und aus archaischen und paläozoischen Felsarten zusammengesetzten argentinischen Ketten; diesen folgt gegen das Meer hin die jurassische Zone, welcher die Vulcane aufgesetzt sind, und am Strande erheben sich vor dieser die Rücken und Klippen der Küsten-Cordilleren, in welchen von versteinerungsführenden Schichten keine älteren als solche der Kreideformation bekannt sind.

Weiter im Norden zeigte sich in den bolivischen Anden trotz des mehr gegen Nordwest gerichteten Streichens so ziemlich derselbe Bau. Die silurischen Sierren von Salta und Jujuy finden ihre Fortsetzung in den Hochgebirgen des Illampu und des Illimani; ihnen vorgelagert ist erst eine devonische, dann eine Zone von Kohlenkalk, welche von Cochabamba über den Titicaca-See gegen Carabaja und Cuzco zieht. Ihr folgen seewärts Porphyre und rother Sandstein, die mesozoische Zone mit den Vulcanen,

endlich die Riffe der Küsten-Cordillere bei Arica und an anderen Orten.

Die Bezirke von Ayacucho und Huancavelica und die Umgebung von Lima lassen nach Crosnier's Darstellung bereits einige Veränderung erkennen.[42]

Auch hier trifft man zuerst, ob man vom Strande bei Ica gegen das silberreiche Gebiet von Castro Vireina am Westabhange der westlichen Cordillere aufsteigen oder ob man von Lima ausgehend dem Thale des Rimac nach aufwärts folgen mag, auf die breiten und häufig Gold führenden Granitrücken der Küsten-Cordilleren, und diese sind von aufgerichteten Bänken von Kalkstein und Sandstein begleitet, welche der unteren Kreideformation anzugehören scheinen. Solche Schichten bilden das kleine Vorgebirge Chorillos und die Insel S. Lorenzo bei Lima.[43]

Nachdem der Granit gekreuzt ist, sieht man oberhalb Lima ähnliche geschichtete, porphyrähnliche Felsarten, wie sie in Chile eine so grosse Rolle spielen, und dann folgt in steilen Wänden hoch aufgerichteter mesozoischer Kalkstein bis zu dem über 4800 M. hohen Passe. Diese Kalkmasse bildet auf eine weite Strecke den First der westlichen Cordillere, wie das auch im nördlichen Chile der Fall ist. An dem östlichen Abfalle folgt dem Kalkstein abermals sogenannter geschichteter Porphyr, hierauf eine grosse Masse von geschichtetem, kohlenführendem Sandstein und Quarzit, welche das Längenthal von Oroya einnimmt.

Die Beobachtungen Crosnier's gestatten, dieses Querprofil von einer südlicheren Strecke dieses Längenthales aus, von Ischuchaca über Pampas gegen Cochabamba, zum Ostabhange der östlichen Cordillere fortzusetzen. Unter dem Kohlensandstein taucht dort dunkler Kalkstein hervor und Porphyrconglomerat; dann folgt bei wesentlicher Veränderung der Bergformen ein Zug von Thonschiefer und von grünem, chloritischen Schiefer, bis bei Cochabamba ein langer Zug von Granit sichtbar wird.

Hier wollen wir abbrechen, um den zwischen der ersten und zweiten Cordillere hinziehenden Kohlensandstein zu betrachten. Dieser Sandstein ist es, welcher die reichen, an der Ostseite der westlichen Cordillere liegenden Quecksilbergruben von Huancavelica umschliesst.

In der Quecksilbergrube Ventanilla S. von Huancavelica selbst hat Crosnier ein Kohlenflötz gesehen. Der Zinnober ist in die Zwischenräume und Spalten des Sandstein's eingedrungen. Der Sandstein und der die Kohle häufig begleitende Schiefer führen Ammoniten. In diesem Gebiete, in dem Längenthale von Oroya und Jauja liegen Fundorte von Versteinerungen, z. B. bei Tingo und in der Quebrada von Huari. Auch die kohlenführenden Schichten von Pariatambo und des Cerro della Ventanilla gehören hieher, aber in Bezug auf das Alter derselben herrscht Meinungsverschiedenheit. Gabb stellt sie in den Lias, Steinmann wohl mit grösserem Rechte in die Kreideformation.[44]

Dieser kohle- und quecksilberführende Horizont ist schon in Bolivien, bei Puño, bekannt, also an der Innenseite der grossen mesozoischen Zone gegen den Titicaca-See, und ebenso erscheint er hier an der Ostseite des Kalkzuges, welcher den grössten Theil der westlichen Cordillere bildet. Viele Meilen weit zieht sich derselbe von Huancavelica an dem Ostabhange der westlichen Kette hin, und die peruanischen Bergleute behaupten sogar, dass er ununterbrochen, jedoch mit wechselndem Reichthume, durch ganz Nordperu sich erstrecke. —

Für die N. von Lima folgenden Gebirgszüge bieten Raimondi's Arbeiten und insbesondere seine inhaltsreiche Beschreibung des Departement's Ancachs eine reiche Quelle der Belehrung.[45]

Hier sind östlich von einem niedrigen Höhenzuge, welcher die Küste begleitet, drei grosse Cordilleren und drei Längenthäler vorhanden. Die erste Cordillere nennen wir mit Raimondi die Cordillera Negra; sie dacht ostwärts zu dem ersten grossen Längenthale ab, dem Callejon de Huaylas. Der Callejon krümmt sich im Norden in einem grossen Bogen, dessen Scheitel etwa in 8° 40′ südl. Br. liegt, dem Meere zu, durchschneidet die Cordillera Negra, und der ihn durchströmende Fluss, welcher in dieser Strecke Rio de Santo heisst, erreicht in 9° nördl. Br. das Meer. — Die zweite Kette ist die Cordillera Nevada; sie ist im Süden mit der ersten vereinigt, streicht dieser parallel gegen NNW. und dacht westlich zum Callejon de Huaylas, östlich zum Marañon ab; sie bildet daher die Wasserscheide der beiden Oceane. — Oestlich

vom Marañon, zwischen diesem und dem Huallaga, liegt die dritte Kette; wir werden sie als die östliche Cordillere bezeichnen; über diese liegt die geringste Anzahl von Beobachtungen vor.

Verfolgt man nun nach Raimondi's Angaben vom Meere landeinwärts den Bau dieses Landes, so sieht man zuerst, dass die in unmittelbarer Nähe des Strandes fortlaufende Zone von niedrigen Bergen aus Syenit, Granit oder einem Grünstein besteht, welcher häufig von einer rothen Verwitterungsschichte bedeckt ist. Mit diesen Felsarten von sehr altem Aussehen erscheinen an einzelnen Stellen, ganz wie im Süden, Schollen von versteinerungslosem Sandstein und Schiefer, so im Hafen von Casma und an der Culebra, und an der letzteren Stelle sind diese Schichten in so auffallende, schlangenförmige Faltungen gebogen, dass Raimondi vermuthet, der Name sei daher entnommen.

Dieser Höhenzug, welcher an der ganzen Erstreckung von Ancachs bald in vereinzelten Kuppen, bald, wie zwischen Casma und Nepeña, in zusammenhängenden Rücken aus dem Sande des Strandgebietes herauftagt, bildet ohne Zweifel die Fortsetzung der Küsten-Cordilleren des Südens.

Die Cordillera Negra besteht beinahe ausschliesslich aus mesozoischen Schichten, welche vorwaltend seewärts geneigt sind; es sind aber fast nur Ablagerungen von Sandstein und Schiefer; Kalkstein ist in sehr geringer Menge sichtbar und eine Fortsetzung des oberhalb Lima sich erhebenden Kalkzuges scheint hier nicht vorhanden zu sein. Diese Sandstein- und Schieferschichten führen Kohlenflötze. Ein beträchtlicher Theil derselben dürfte den kohlenführenden Ablagerungen von Pariatambo entsprechen.

Die Cordillera Negra ist an vielen Orten von einem jüngeren Diorit durchsetzt, welcher der stete Begleiter der Silbererze dieses Gebirgszuges ist.

Der Callejon ist der Hauptsache nach ein Auswaschungsthal. Der westliche Abhang der Cordillera Nevada wird von groben Bänken von weissem oder bläulichem Sandstein gebildet, welcher bei steiler Aufrichtung doch in demselben Sinne geneigt ist wie die Schichten der Cordillera Negra, welche letztere daher mit ihrer ganzen Masse jenen der Cordillera Nevada aufgelagert sind.

Gegen Huaraz und Caraz treten zu den Sandsteinbänken der westlichen Cordillera Nevada auch untergeordnete Züge von Mergel und Kalkstein.

Die höchsten Gipfel dieser mächtigen Kette bestehen aus aufgesetzten Massen von Trachyt. Wohl werden granitische Felsarten erwähnt, aber Raimondi betont zu wiederholten Malen die Schwierigkeit, sie von den Trachyten zu trennen, und ihr jugendliches Alter.

Die Grünsteine der Cordillera Negra erreichen kaum die Gipfel der Cordillera Nevada, dagegen erscheinen vereinzelte trachytische Massen, insbesondere auch trachytische Conglomerate in flacher Lagerung auch auf der Höhe der Cordillera Negra, und Raimondi vermuthet, dass diese von Eruptionsstellen auf der Cordillera Nevada stammen, und zwar aus einer Zeit, in welcher das Erosionsthal, welches heute die Ketten trennt, der Callejon, noch nicht bestand.

Es sind weder auf der Cordillera Negra, noch auf der Cordillera Nevada thätige Vulcane bekannt.

An der Ostseite der Cordillera Nevada, jenseits der trachytischen Gipfel, sind bis zur Schneeregion hinauf steil aufgerichtete, wohl auch gefaltete Schichten von verändertem Sandstein in den Provinzen Huari und Pomabamba sichtbar.

Im südlichen Huari und einem guten Theile von Pomabamba aber ist dieser Sandstein überlagert von jüngeren, doch ebenfalls gestörten Lagen von Schieferthon und Sandstein mit Kohlenflötzen, welche eine Wiederholung der kohlenreichen Ablagerungen der Cordillera Negra bilden.

Ausserdem ist, es mag nun der kohlenführende Horizont der Juraformation oder der Kreide zufallen, über demselben an beiden Abhängen der Cordillera Nevada, einerseits in dem Bezirke Cajatambo und andererseits bis zum Marañon hinab, ein jüngerer Kreidemergel in abweichender Lagerung vorhanden, in welchem viele Echiniden, auch Actaeonella, Ostrea, Neithea quinquecostata und Buchiceras-Arten vorkommen.

An dem südlichen Theile dieses Abhanges, im Quellgebiete des Marañon, liegt der Ort Huallanca, von welchem Steinmann den tithonischen Perisphinctes senex, ferner Brancoceras aegoce-

ratoides und Acanthoc. Lyelli aus dem Horizonte des Albian beschrieben hat. —

Der Lauf des Marañon entspricht nicht ganz genau dem Streichen der Schichten. In einem Theile seines Oberlaufes ist er in alten, goldführenden Talkschiefer eingeschnitten, welcher etwas südlich vom 9.° südl. Br., bei Uca, in Begleitung von Granit von der hohen östlichen Cordillere her auf das linke Ufer des Flusses herübergreift. Weiter im Norden, bei Puerto di Puruay, ist der Strom in antiklinal geneigte mächtige Lagen von rothem Sandstein und Mergel mit Gyps und Salz eingesenkt, welche der Trias zugezählt werden; über ihnen lagert ein vermuthlich jurassischer Kalkstein und dann der cretacische Mergel. Die rothen Sandsteinlagen bilden wohl die Unterlage der ganzen Schichtfolge der Cordillera Nevada und der Cordillera Negra.

Der jenseits des Marañon folgende Abhang der östlichen Cordillere besteht aus goldführendem Talkschiefer von paläozoischem oder noch höherem Alter. In der Nähe der Stadt Pallasca, nahe der Grenze von Ancachs und Libertad, tritt dieser alte goldreiche Schiefer an einer vereinzelten Stelle aus den mesozoischen Schichten der nördlichen Cordillera Nevada hervor. —

In diesem Theile von Peru gestaltet sich also die Structur des Gebirges etwa folgendermassen:

Das allgemeine Streichen der Schichten und der Ketten, der Meeresküste und der grossen Stromthäler ist gegen NNW. gerichtet.

An der Küste sind ähnliche Felsarten von altem Aussehen, dann Schiefer und Sandstein vorhanden, wie in den Küsten-Cordilleren von Bolivien und Chile.

Die Cordillera Negra und Cordillera Nevada, also alle Gebirge bis zum Marañon, bestehen aus mesozoischen Schichten, wahrscheinlich vorherrschend der Kreideformation zufallend. Die Gipfel der Cordillera Nevada und einige Gipfel der Cordillera Negra sind von Trachyt gekrönt.

An einer Stelle tritt unter den Schichten der Cordillera Nevada am Marañon rother Sandstein mit Salz und Gyps hervor.

Oestlich vom Marañon liegen die grossen Massen älterer Schiefergesteine und Granite, so dass die hohen Gebirge, welche

vom Illimani und Illampu her die Cordillere vom Carabaya und die Ketten von Cuzco bilden, ihre etwaige Fortsetzung nur zwischen dem Marañon und dem Huallaga finden können.

Endlich will ich erwähnen, dass Raimondi in der unmittelbaren Nähe der Küste an zwei Orten Spuren jüngerer vulcanischer Felsarten angibt, nämlich Basalt in der Nähe der Culebras und eine jüngere Lava S. von Casma. Dies ist um so bemerkenswerther, als in dem nahen Meere manche Spuren vulcanischer Thätigkeit bekannt sind und erst kürzlich, im Jahre 1881, nicht allzu weit von hier, in 7° 48′ S., 83° 48′ W., 188 Seemeilen von Punta Aguja, eine neue vulcanische Insel sich gebildet haben soll.[46]

Orton's Darstellungen der geologischen Structur des nördlichsten Peru und dessen Profil von Pacasmájo zum Huallaga scheinen mir nicht ausreichend, um die Grundzüge der Structur mit einiger Zuverlässigkeit zu erkennen.[47] Im Allgemeinen dürften sich die Vorkommnisse von Ancachs wiederholen. Das von Hyatt nachgewiesene Erscheinen der Gattung Buchiceras zu Cachiyacu, W. vom Huallaga, dann zu Cayamarca und N. davon bei Celendin deuten auf eine Fortsetzung der cretacischen Schichten aus dem Amazonenthale hin.[48] Von Ipishguanüna (Piscoguanuna) zwischen dem Marañon und dem Huallaga, dann von Tingo bei Chachapoyas führen Orton und Hyatt Lias-Fossilien an.

Ecuador, Columbien und Venezuela. Der Bau des südlichen Ecuador ist in den letzten Jahren durch Th. Wolf's verdienstliche Forschungen näher bekannt geworden.[49]

Von der Südgrenze des Staates etwa bis 2° südl. Br. bestehen die Anden aus zwei parallelen, im Süden sich mehrfach verbindenden Cordilleren. Die östliche Cordillere ist aus Gneiss, Glimmerschiefer, chloritischem Schiefer und anderen altkrystallinischen Felsarten zusammengesetzt; diese streichen wie die Cordillere von S. gegen N.; ihre Erstreckung gegen Ost ist unbekannt. Die westliche Cordillere wird dagegen von alten Eruptivgesteinen von grosser Mannigfaltigkeit gebildet, welche als ‚Porphyre und grüne Gesteine' bezeichnet werden; auch einige Granitmassen treten zwischen derselben hervor. Gegen Nord schliessen sich daran Conglomerate und flyschartige Gesteine.

An der Westseite der westlichen Cordillere, gegen das Meer hin, treten cretacische Ablagerungen auf; der Golf von Guayaquil verengt ihr Gebiet, aber nördlich von demselben erscheinen sie wieder in ansehnlicher Breite und reichen von da weit gegen Norden. Eruptive Grünsteine begleiten die Kreide, insbesondere in den Provinzen Guayaquil und Manabé.[50]

Die Grenzregion zwischen der östlichen und der westlichen Cordillere verläuft zwischen dem 81. und 82. Meridian und wird von Wolf als das ‚interandinische Gebiet' bezeichnet. Diese Grenzregion ist von grösster tektonischer Bedeutung. Auf derselben liegen S. von der Stadt Loja und bei der Stadt selbst zwei mit jungen, blattführenden Bildungen ausgefüllte Niederungen. Etwas nördlicher, im Quellgebiete des Rio Jubones, treten auf diesem interandinischen Gebiete, von S. in W. gegen N. in O. aneinandergereiht, die ersten Vorläufer der grossen Vulcane des nördlichen Ecuador hervor. Es sind vornehmlich Andesite. Sie erscheinen in drei Strecken, und zwar am oberen Jubones, dann S. von Cuença, dann N. von dieser Stadt im Azuay.

Zwischen den beiden letztgenannten vulcanischen Massen, NO. von Cuença, wird auf dem interandinischen Gebiete eine fremdartige Scholle sichtbar, die ‚arenisca de Azogues', der quecksilberführende Sandstein. Er ist blaugrau, mit sphäroidaler Verwitterung, durch Zersetzung des Eisens sich entfärbend, begleitet von Thonschiefer. Die Lagerung ist sehr gestört; das Streichen entspricht jenem des interandinischen Gebietes. Er umschliesst die Spuren eines alten Bergbaues auf Quecksilber und führt Asphalt und andere bituminöse Stoffe. Es liegt nach dieser Schilderung nahe, zu vermuthen, dass dies eine Fortsetzung der grossen peruanischen Quecksilberzone sei.

Von Ost gegen West das südliche Ecuador kreuzend, treffen wir also im Osten Gneiss und alte krystallinische Felsarten, dann auf der interandinischen Zone blattführende Bildungen, die ersten Andesitmassen und die Scholle von quecksilber- und asphaltführendem Sandstein, hierauf im Westen mannigfaltige Porphyre und Grünsteine, auf welche gegen das Meer die Kreideformation folgt. —

Ueber die Fortsetzung dieser Gebirgszüge gegen Nord geben die Arbeiten von Reiss den erwünschten Aufschluss.[51]

Die östliche Cordillere besteht auch hier aus Gneiss und anderen alten Felsarten, welche jedoch in einzelnen Gipfeln 4500 M., im Norden am Saraurcu sogar 4800 M. erreichen. Das interandinische Gebiet des Südens ist angedeutet durch die von Laven, Tuff und Asche überdeckten Hochflächen von Riobamba, Latacunga und Quito. Die westliche Cordillere ist aus weichem, meist schwarzem Schiefer, durchsetzt von mannigfaltigen Grünsteinen, gebildet, und aus mächtigen Bänken von Sandstein. Sie fällt gegen Westen steil zum Meere ab. Schiefer und Sandstein reichen nach Reiss weit nach Nord und Süd und werden, als jenen von Columbien entsprechend, zur Kreideformation gestellt. Sie erinnern in vieler Beziehung an den europäischen Flysch. Wir erkennen in dieser westlichen Cordillere die Fortsetzung der Küsten-Cordilleren des Südens.

Vulcane stehen ‚als völlig individualisirte Gebilde' auf dem einförmigen Kamme dieser Cordilleren, und zwar sowohl auf der östlichen, als auf der westlichen. Auf der ersten erheben sich Altar, Tunguragua, Cotopaxi, Antisana u. And. Noch zahlreicher sind sie auf der westlichen Cordillere; hier nenne ich nur Chimborazo, Quilotoa, Iliniza, Corazon und Pichincha. —

Wir erreichen nun nordwärts jenes Gebiet, in welchem die einzelnen Zweige der Anden auseinandertreten und insbesondere ein mächtiger Bogen O. vom Magdalenenstrome abschwenkt und, weit gegen NO. ziehend, die Sierra de Bogota und S. de Merida bildet. Diese Zweige sind nicht von thätigen Vulcanen begleitet. Gneiss und Granit erscheinen in denselben. Erst in neuester Zeit wurden einige Spuren des Lias angetroffen.[52] Im Allgemeinen aber beginnt die sedimentäre Reihe mit der unteren Kreide, welche auch hier durch Schiefer, mächtige Sandsteinbänke und dunklen bituminösen Kalkstein vertreten und zuweilen von alten Eruptivgesteinen begleitet ist, wie in der westlichen Cordillere von Ecuador. Ihre reiche Fauna ist von L. v. Buch, Orbigny, Forbes und insbesondere von Karsten bekannt gemacht worden; sie entspricht nach Uhlig durch eine Reihe von Arten den Ablagerungen von Barrême in Südfrankreich und Wernsdorf in den Karpathen.[53]

Karsten hebt als bemerkenswerth hervor, ‚dass die steileren Abfälle des älteren, fast in einem Bogen in NO. Richtung strei-

chenden Kreidegebietes immer gegen das Gebirge von Guayana gerichtet sind, dessen abgerundete Kuppen granitischer Felsarten, so weit es bekannt wurde, aus dem tertiären Flachlande wie Inseln aus dem Weltmeere hervorragen‘. Diese grossen Ketten scheinen daher einseitig, und zwar in einem von der brasilischen Masse abgewendeten Sinne zu sein, und dasselbe Merkmal würde nach Karsten's Angaben auch für die nördlich folgende Sierra S. Marta gelten, an deren Südfuss kupferreiche Eruptivgesteine herrschen und in deren Fortsetzung in der Nähe des See's von Macaraibo aus Kreideschichten Erdöl hervordringt.[54]

Wir dürfen uns vorstellen, dass die brasilische Masse von der S. de Bogota und S. de Merida im Bogen umgürtet sei, und dass die Gesteine dieses Bogens vorwaltend gegen Aussen geneigt sind; weiter gegen Nordost treten aber wesentlich verschiedene Verhältnisse ein. —

Die Beobachtungen von Karsten liessen es schon als wahrscheinlich erkennen und die seitherigen Forschungen von Sawkins, Wall und Crosby geben Gewissheit darüber, dass jener grosse, von W. gegen O. streichende Gebirgszug, welcher das nördliche Venezuela und die Insel Trinidad bildet, zwar aus ganz ähnlichen Gesteinen zusammengesetzt ist wie die genannten Sierren, aber die entgegengesetzte Anordnung besitzt. Seine ältesten Felsarten liegen gegen Nord und bilden die steile Küste des caraibischen Meeres.[55]

Von Valencia bis zu dem nordöstlichen Ende der Insel Trinidad streicht ein langes, häufig granatenführendes Schiefergebirge, in welchem streckenweise Gneiss und Eklogit, wie es scheint als Einschaltungen, sichtbar werden. Dieser Zug ist im Westen etwas breiter und erreicht dort die Höhe von 8000 Fuss; er umschliesst den See von Valencia und die Gegend von Caracas, ist an der Bucht von Barcelona unterbrochen und bildet jenseits derselben das Vorgebirge von Araya, welches den Busen von Cariaco gegen N. abschliesst, dann das parische Vorgebirge, endlich die ganze Nordküste von Trinidad. Hier ist seine Höhe auf etwa 3800 Fuss herabgesunken.

Diesem Schieferzuge ist im Westen, S. vom See von Valencia, ein mächtiger Streifen alter Eruptivgesteine vorgelagert, welche nicht minder mannigfaltig zu sein scheinen wie jene der

westlichen Cordillere von Ecuador, und mit welchen gegen Nord auch diallag- und serpentinähnliche Massen erscheinen. Südwärts folgt eine lange Zone von Quarzit, Schiefer und Kalkstein der unteren Kreideformation. Zu beiden Seiten der Bucht von Barcelona sieht man die untere Kreide unmittelbar angeschlossen an die ältere Schieferzone; sie streicht über Cumana gegen O., reicht jedoch nicht ganz bis an den Westrand des Golfes von Paria. Jenseits dieses Golfes tritt sie wieder hervor und durchzieht in zwei parallelen Höhenlinien von W. gegen O. die Insel Trinidad.

Diese Zone hat an mehreren Orten die untercretacischen Fossilien von Bogota geliefert, und Karsten unterscheidet noch eine jüngere, hippuritenführende Abtheilung. Südlich von derselben lagern jüngere tertiäre Meeresschichten, welche durch die Bucht von Barcelona hereintreten und unter die zum Orinoco abdachenden Llanos hinabtauchen. —

Der Bau des nördlichen Küstengebirges von Valencia bis Trinidad folgt also nicht jenen Grundzügen, welche für die anderen Gebirgszüge Südamerika's, so weit wir sie zu überblicken im Stande sind, Geltung haben. Hier ist ein langes, einseitiges Gebirge vorhanden, welches, wie so viele europäische Ketten, seine ältesten Felsarten und steilen Abbruch einem Senkungsfelde, dem caraibischen Meere, zukehrt. Nicht nur Abbruch, sondern auch Einbruch ist sichtbar, und zwar an der Bucht von Barcelona. Der Golf von Paria, an dessen Verlandung der Orinoco arbeitet, steht mit dem caraibischen Meere durch eine Strasse in Verbindung, welche nach Guppy durch eine Verwerfung mit Absinken gegen O., nach Crosby durch die südlichere Lage des Gebirges auf Trinidad veranlasst ist. Die Angabe, dass hier auch paläozoische Sedimente vorkommen, bedarf der Bestätigung. Es gleicht dieses Gebirge durch Bau und Lage ganz insbesondere der nordafrikanischen Kette von Gibraltar bis Cap Bon, wobei das Mittelmeer die Stelle des caraibischen Meeres einnimmt.

Die grossen Erdbeben von Cumana und Caracas fallen dem Bruchrande dieses Gebirges zu. Gegen Süden wird es von der brasilischen Masse durch das weite Thal des Orinoco geschieden, welches hier eine ähnliche Lage einnimmt wie das untere Rhônethal oder jenes des Guadalquivir.

Uebersicht. Südamerika trägt in höherem Grade als irgend ein anderer Welttheil die Kennzeichen eines einheitlichen Baues. Im Osten und der Mitte liegt die weite brasilische Tafel mit flach gelagerten paläozoischen Sedimenten und einer ähnlichen Lückenhaftigkeit in der Reihe der marinen Ablagerungen, wie sie auf anderen Tafelländern nun schon in so vielen Beispielen angeführt worden ist.

Nähert man sich von Osten her dem Hochgebirge, so zeigen sich zuerst kurze, ganz oder doch vorwaltend archaische Züge, so die Sierren W. von Córdoba und der Gebirgszug im Osten der bolivischen Anden. Weit länger ist die fortlaufende Zone paläozoischer, vorwaltend silurischer Ketten. Sie sind vom südlichen Peru durch Bolivien und bis Mendoza bekannt. Noch weiter reicht gegen Nord wie gegen Süd die Verbreitung der jurassischen Ablagerungen, welchen der Hauptzug der Cordilleren sammt den jungen Vulcanen zum grössten Theile zufällt. Gegen die Westküste hin endlich, wo man unter europäischen Verhältnissen die Flyschzone suchen würde, erhebt sich die fremdartige Reihe der Küsten-Cordilleren, aus Felsarten von archaischem Gepräge, wie Gneiss und Glimmerschiefer, aus verschiedenen älteren eruptiven Felsarten, endlich aus in der Regel petrefactenleeren Ablagerungen von Sandstein und Schiefer gebildet. An der ganzen Küste von Peru und Bolivien, von Casma und Nepeña (9° 10′—9° 30′), der Culebra, von Ica bis zum Morro de Arica, bis Cobija und Mejillones sind sie bald durch einzelne Kuppen, bald durch längere Züge vertreten. In Chile bilden sie zusammenhängende, die Küste begleitende Ketten. Weiter gegen Süd setzen sie die patagonische Westküste und die vorliegenden Inseln zusammen, und nachdem die Anden verschwunden sind, strecken sie sich noch weit südwärts fort und vollziehen die grosse Beugung von S. in SO., O. und ONO. durch das Feuerland gegen Staten Island.

Die wenigen in Peru gefundenen Spuren von Fossilien deuten auf die Kreideformation; nur cretacische Fossilien sind aus dem patagonischen Gebirge bekannt.

Dasselbe zeigt sich aber auch im Norden. Nur Felsarten von archaischem Gepräge und fast nur cretacische Schichten bilden die grossen, von Ecuador nordwärts ziehenden und dann in

Virgation auseinandertretenden Sierren, namentlich den gegen NO. streichenden Bogen der S. de Bogota und S. de Merida.

Aus denselben Gebilden besteht auch die lange, an der Nordküste hinziehende Kette von N. Venezuela und Trinidad, aber ihre tektonische Bedeutung kann nur im Zusammenhange mit den westindischen Inseln beurtheilt werden. —

Je weiter gegen West, um so länger sind die Zonen des grossen südamerikanischen Gebirgssystems und um so jünger sind die Sedimente. Das grosse Räthsel aber ist, ob die Felsarten von archaischem Gepräge, welche in den Küsten-Cordilleren auftreten, wirklich archaisches Alter besitzen. Darwin hat es im Süden bezweifelt; es ist dasselbe Räthsel, welches wir in Griechenland, im Taurus, auf den Andamanen und Nikobaren antreffen und bald im Norden noch weiter antreffen werden. —

Im Norden gehen durch Neu-Granada und gegen Venezuela die Ketten in Virgation auseinander und ebenso im Süden von Cabo Corrientes bis Staten Island. Die Schaarung von Arica bezeichnet eine mässige Beugung der Ketten, aber sie beeinflusst die Vertheilung der Sedimente und die Anlage der Gesammtheit nur wenig. Diese Anlage ist, so weit es sich nur um den westlichen Theil Südamerika's handelt, eine mehr oder minder concentrische. Der Gegensatz zwischen den südeuropäischen und den südamerikanischen Gebirgen ergibt sich aus dem Umstande, dass in den Alpen, Karpathen und Apenninen das Rückland eingebrochen ist und in den Alpen und Karpathen das Vorland sichtbar ist, während in Südamerika die brasilische Masse die Stelle des Rücklandes innerhalb der Bogen einnimmt und das Vorland unter dem Ocean liegt.

Auch die Anordnung der Vulcane ist wesentlich verschieden von jener der Vulcane des westlichen Mittelmeeres oder der erloschenen Vulcane der Karpathen. Sie erheben sich nicht auf einem inneren Bruchrande, sondern mitten auf der Höhe des Gebirges, wie Demavend, Elbrus und Kasbek. In Ecuador stehen sie theils auf der westlichen Cordillere, welche wir als die Fortsetzung der Küsten-Cordillere ansehen müssen, wie Chimborazo, theils auf der östlichen, archaischen Cordillere, wie Cotopaxi und Altar, und ihre südlichen Ausläufer bis zum Rio Iubones S. von

Cuença liegen auf der Grenze dieser beiden Cordilleren, in dem interandinischen Gebiete. Weiter im Süden, durch Bolivien und Chile ruhen ihre grossen Aschenkegel zum grössten Theile auf der jurassischen Zone.

Die Vulcane folgen weder der Ablenkung der Ketten im Norden gegen Venezuela, noch der Ablenkung im Süden gegen das Feuerland. Sie bleiben Begleiter der pacifischen Küste.

Fernando Noronha, welches östlich von der brasilischen Masse aus der Tiefe des atlantischen Ocean's emporragt, besteht aus Basalt und Phonolith. Auch die einzige bedeutendere Inselgruppe in der Nähe der Westküste, die Gruppe der Galápagos, ist vulcanisch und die Laven der Galápagos sind basaltische Laven. Es sind zahlreiche Kratere vorhanden. Mit Recht stellt sie Th. Wolf zu den Gruppenvulcanen im Gegensatze zu den Reihenvulcanen des Festlandes und hebt derselbe den petrographischen Gegensatz hervor, denn die Vulcane von Ecuador bestehen aus vorwaltend trachytischen und andesitischen Felsarten.[56]

Die italienischen Gruppenvulcane, wie die Liparen und Ponza-Inseln, sind im Gegentheile durch saure Laven ausgezeichnet. —

Mehrere der südlich von den Galápagos sehr zerstreut liegenden Inseln hat Lopez besucht. Derselbe fand Sala-i-Gomez 30 M. hoch, nach der grössten Erstreckung nur 1200 M. lang und an der Einschnürung, welche die Insel in der Mitte theilt, nur 120 M. breit; die Hochfluthen der Aequinoctialstürme spülen wahrscheinlich quer über die Insel. Sie besteht aus porösem Basalt mit Olivin, doch wird auch eine weisse, aus Zersetzung hervorgegangene Erde und Pechstein erwähnt.

Mas-a-tiera und Mas-a-fuera sind weit grössere Inseln, die letztere ein einziger vulcanischer Berg, 1837 M. hoch.[57] —

Aus den Forschungen in dem Gebiete der südamerikanischen Anden mit ihren langen Hochgebirgszügen, ihren hohen Vulcanen, zahlreichen Erdbeben und den Terrassen an der Küste ist eine Reihe von Versuchen hervorgegangen, die Entstehung der Hochgebirge zu erklären; es ist auffallend, dass der Gegensatz zwischen den horizontalen Strandlinien und den geneigten Schichten der Cordilleren, folglich der Gegensatz zwischen Terrassenbildung und Gebirgsbildung dabei nicht häufiger zum Ausdrucke kam.

Die älteren Ansichten von Ch. Darwin über den Zusammenhang der Erhebung der Anden mit der Bildung der Terrassen und der vermeintlichen Erhebung des Festlandes bei einzelnen neueren Erderschütterungen sind bereits an früherer Stelle gleichzeitig mit den Bedenken gegen diese Meinung erwähnt worden (S. 135).

Als die Bedeutung der tangentialen Bewegungen deutlicher erkannt war, sahen hervorragende Gelehrte, wie Dana, in den Anden das Ergebniss eines Seitendruckes, welcher durch das Nachsinken der pacifischen Geosynklinale gegen den Continent ausgeübt wird. Diese Erklärung ist aber schwer vereinbar mit dem Abschwenken der Ketten gegen Venezuela und gegen das Feuerland.

Im Wesentlichen auch auf der Voraussetzung beträchtlicher tangentialer Bewegung beruhend, ist die von Kolberg zur Erläuterung des Baues von Ecuador aufgestellte Theorie der ‚Ausschiebung durch Schubkeile'. Sie beruht auf der Voraussetzung, dass bei der Contraction der äusseren Theile des Erdkörpers sich sehr schräge zur Oberfläche geneigte Ablösungsflächen, also gleichsam Wechselflächen im Grossen, bilden und das abgetrennte, keilförmige Stück bewegt und übergeschoben wird. Diese Voraussetzung stimmt mehr mit Annahmen überein, welche für gewisse europäische Gebirgszüge ziemlich zutreffend sein dürften. Aber gerade für Ecuador ist Kolberg veranlasst, zwei einander entgegengesetzte Schubkeile anzunehmen, und hiedurch gelangt derselbe thatsächlich zu der älteren Lehre Elie de Beaumont's von der Bildung der Gebirge durch ein ‚écrasement transversal'.[58]

Es ist zu wiederholten Malen die Ansicht ausgesprochen worden, dass die Anden in der jüngsten Zeit eine sehr beträchtliche Erhöhung erfahren haben, und es sind hiefür mehrere Gründe angeführt worden. Man hat die über 7000, ja bis 12.500 Fuss hoch liegenden salinaren Ablagerungen als unmittelbare Abdampfungsreste von Meerestheilen angesehen. Aber östlich von den Anden haben seit Woodbine Parish zahlreiche Forscher, wie insbesondere Burmeister, Zeballos und Schickendanz geleugnet, dass die Salinas der Pampas solche Abdampfungsreste seien, und auch im Westen hat sich z. B. Pissis mit guten Gründen und mit Entschiedenheit dagegen ausgesprochen.[59] Auch der Umstand,

dass acht Arten der Salzwasser-Amphipoden-Gattung Allorchestes im Titicaca-See leben, kann noch keineswegs als ein ausreichender Beweis dafür angesehen werden, dass das Meer in junger Zeit diesen See erreicht, also um 12—13.000 Fuss höher gestanden habe als heute, oder dass sich seither das Land um ebensoviel erhoben habe. Es schweben noch viel zu viele ungelöste Fragen über die Mittel zur Ausbreitung dieser Thierformen, als dass so weitgehende Folgerungen zulässig wären.

Orton's Bericht, Loomis habe eine Tagreise von Iquique, 2500 Fuss über dem Meere, eine alte Seeküste mit lebenden Muscheln angetroffen, entbehrt bisher jeder Bestätigung.[60]

Auch die Auffindung von Korallen zu Tilibiche in Peru, 2900—3000 Fuss über dem Meere und etwa 30 Kilom. von demselben entfernt, berechtigt nicht zu solchen Schlüssen. Diese Korallen fanden sich, nach Al. Agassiz und Pourtalès, an die Oberfläche der Felsen befestigt, wie heute solche Korallen wachsen, verwandelt in compacten krystallinischen Kalkstein und mit meistens zerstörter innerer Structur. Abgesehen von einer der Millepora alcicornis verwandten Form, traf man zwei Arten, welche beide neu sind. Isophyllia duplicata gehört einer nur tertiär und lebend, doch nicht an den heutigen pacifischen Ufern vorkommenden Gattung an. Convexastraea peruviana vertritt ein Genus, welches bisher nur aus Trias und Jura bekannt ist.[61]

Hienach scheint mir kein Grund vorhanden, diesen Vorkommnissen ein so ausserordentlich junges Alter zuzuschreiben.

Im südlichen Chile sind den Küsten-Cordilleren die jüngsten Glieder der Kreideformation und tertiäre Schichten angelagert. Sie sind verworfen, aber es scheint, dass sie an der Faltung nicht theilgenommen haben. Dagegen gibt es im Norden wie im Süden cretacische Inoceramenschichten, welche mit dem Neocom gefaltet sind. Es gibt heftige Faltungen und auch gegen W. überschobene Falten, wie z. B. im Carbon des Titicaca,[62] aber überschobene Aussenränder wie in den Alpen oder dem Himalaya sind bisher noch nicht bekannt.

Die häufigen Erdbeben der Westküste sind Aeusserungen irgend eines grossen tektonischen Vorganges der Gegenwart, dessen Wesen nicht bekannt ist.

Anmerkungen zu Abschnitt IX: Südamerika.

1 C. F. Hartt, Geol. and Phys. Geogr. of Brazil, 8°, Boston, 1870.

2 Einen Versuch, dieselben weiter zu gliedern und mit den nordamerikanischen Gebirgen zu vergleichen, macht W. O. Crosby, On the Age and Succession of the Crystalline Formations of Guiana and Brazil; Proc. Boston Soc. nat. hist. XX, 1880, p. 480—497.

3 Orville A. Derby, The Geol. of the Diamantif. Region of the Prov. of Paraná, Brazil; Proceed. Amer. Philos. Soc Philadelphia, 1879, XVIII, p. 251—258.

4 S. Allport, On the Discovery of some foss. Remains near Bahia, S. America; Quart. Journ. geol. Soc. 1860, XVI, p. 263—268; Hartt am ang. O. p. 263, 346, 355, 556 u. an and. O.

5 Orville A. Derby, Contribuições para a Geol. da Região do Baixo Amazonas; Arch. do Museu Nac. do Rio de Janeiro, 1877, II, p. 77—104; auch: Hartt, Contributions to the Geol. and phys. Geogr. of the low. Amazonas, Bullet. Buffalo Soc. nat. hist. 1874, I, p. 201—235; Rathbun, The Devon. Brachiop. of the Province of Pará, Brazil, Proceed. Boston Soc. nat. hist. 1879, XX, p. 14—39. In den Proc. Am. Phil. Soc. Philadelphia, 1879, XVIII, p. 155—178 befindet sich eine engl. Uebersetzung der inhaltsreichen Schrift von Orv. Derby.

6 O. Boettger, Die Tertiärfauna von Pebas am oberen Marañon; Jahrb. geol. Reichsanst. Wien, 1878, XXVIII, S. 503.

7 J. G. Sawkins, Geol. Observations on Brit. Guayana; Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 419—433; auch: Atwood, A Contrib. to South-Americ. Geol., eb. das. 1879, XXXV, p. 582—588. Von dem hohen Tafelberge Roraima und seinem Nachbar Kukenam hat H. Whitely Ansichten geliefert in Proc. geogr. Soc. Lond. 1884, p. 458 und 461.

8 Alfr. Stelzner in R. Napp, Die Argentin. Republik, 8°, Buenos Air. 1876, S. 71; der Verlauf dieser Ketten ist sichtbar auf der Karte zu H. Burmeister, Die südamerikan. Republiken Argentina, Chile, Paraguay und Uruguay; Peterm. Mitth. Ergänzungsheft 39, 1875.

9 L. Brackebusch, Estud. sobre la Formacion Petrolif. de Jujuy; Bolet. Acad. nac. Córdoba, 1883, V, p. 137—184 u. dess. Viaje a la Prov. de Jujuy; eb. das. p. 185—252; Karte.

10 Brackebusch am ang. O. p. 181; für Aconquija auch Kuss, Note s. l. filons de Quartz aurif. de l'Atajo; Ann. d. Mines, 1884, XLVIII, p. 341 u. folg.

11 Stelzner, N. Jahrb. f. Min. 1872, S. 193—198, 630—636; 1873, S. 726—744.

12 E. Kayser, Ueb. primordiale u. untersilur. Fossilien aus d. Argentin. Republik (auch unter d. Titel: Beitr. z. Geol. u. Palaeontol. d. Arg. Republ. herausgeg. von Alfr. Stelzner); Palaeontographica, Supplem. III, 1876, S. 1—5.

13 H. Br. Geinitz, Ueb. Rhätische Pflanzen- und Thierreste in d. argent. Prov. La Rioja, S. Juan und Mendoza; eb. das.

14 Brackebusch, Informe s. un viaje geol. por las Sierras de Córdoba y de S. Luis; Bolet. Acad. Córd. 1876, II, p. 167—216; Stelzner in Napp, Arg. Republ. S. 71 u. folg.; auch z. Th. abgedruckt in O. Wien, Die Sierra von Córdoba, Zeitschr. f. allg. Erdk. Berlin, 1882, XVII, S. 57 u. folg., Karte.

15 Informe ofic. de la Comis. cientif. agreg. al Expedic. al Rio Negro bajo l'ord. del General D. Julio A. Roca; 4°, Buenos Air. 1883; III, Geol. por el Dr. Ad. Doering; p. 299—400. Für Theile der Sierra Tandil auch Holmberg, Act. Ac. Córd. 1884, V, p. 28—30 und 58.

16 Stelzner, N. Jahrb. 1873, S. 728.

17 J. Domeyko, Estudio del Relieve etc. Anal. Univ. Chile, 1875, XLVII, p. 51, 60; Enr. M. Simpson, Esplorac. hidrograf. de la Chacabuco, eb. das. 1872, p. 427 und Memor. de la Marina, 1872, p. 379. Diese eigenthümliche Erscheinung wird an späterer Stelle nochmals besprochen werden.

18 Dav. Forbes: On the Geol. of Bolivia and Southern Peru; Quart. Journ. geol. Soc. 1861, XVII, p. 7—62, pl. I—III; J. W. Salter, Fossils from the High Andes, coll. by D. Forbes; eb. das. p. 62—73, pl. IV, V.

19 Ant. Raimondi, Brief an Gabb, Proceed. Californ. Acad. 1867, III, p. 359, 360; F. Toula, Ueb. einige Fossilien des Kohlenkalkes von Bolivia; Sitzungsb. Akad. Wien, 1869, LIX, S. 433—444.

20 Ign. Domeyko, Sur la géol. du Chili, et particulièrement 1° Sur le terr. de porphyres stratif. dans les Cordillères; 2° Sur le rapp. qui existe entre les filons métallif. et les terr. du syst. des Andes; Ann. des Mines, 1846, 4. ser., IX, p. 3—34, pl. I u. II, u. ders.: Sur la constit. géol. du Chili, eb. das. p. 365—540, pl. IV—VII, u. an and. O. Ch. Darwin, Geol. Observ. on the Volc. islands and parts of S. America, 2d ed. 1876, insb. p. 470—603. A. Pissis, Rech. sur les systèmes de Soulèvement de l'Amér. du Sud; Ann. des Mines, 1856, 5. ser., IX, p. 81—146, pl. III, IV; ders.: Sur la constit. géol. de la Chaîne des Andes entre le 16. et le 53. degré de lat. sud.; eb. das. 1873, 7. ser., III, p. 402—426, pl. IX, X. Enr. Concha y Toro, Analojías entre la formac. jeoloj. de Chile i de Bolivia; Anal. Univ. Chile, 1872, p. 538—555, und A. Rémond de Corbineau, Lista alfab. de las fósiles que se han hallado en Chile etc.; eb. das. 1867, p. 99—141.

21 P. Güssfeldt, Der Vulcan Acongagua von NNW.; Zeitschr. deutsch. u. öst. Alpenver. 1884, S. 404—406, Taf. und Sitzungsb. Akad. Berlin, 1884, S. 922.

22 A. Pissis, El desierto de Atacama; su jeolojia, sus prod. i mineral.; Anal. Univ. Chile, 1877, p. 573—597; geol. Karte von Atacama von Villanueva, eb. das. 1878. F. A. Moesta, Ueb. d. Vorkomm. d. Chlor-, Brom- u. Jodverbind. d. Silbers in d. Natur; ein Beitr. z. Kenntn. d. geolog. u. bergbaul. Verhältnisse v. N. Chile; gr. 8°, Marburg, 1870; hieher auch G. Steinmann, Zur Kenntn. d. Jura- und Kreideform. von Caracoles (Bolivia); Neu. Jahrb. f. Min. etc. 1881, I. Beil.-Band, S. 239—301, Taf. IX—XIV; R. Zeiller, Note s. l. Plantes foss. de la Ternera (Chili); Bull. soc. géol. 1874—1875, 3. ser. III, p. 572—574, pl. XVII.

23 H. Burmeister und C. Giebel, Die Versteinerungen von Juntas im Thal d. Rio Copiapó; aus d. Abhandl. Naturf. Ges. Halle, 1861, VI; 4°, 34 SS., 2 Taf.

24 A. Pissis, Descripc. topográf. i jeolój. de la Provincia de Aconcagua; Anal. Univ. Chile, 1858, p. 46—89.

25 A. Stelzner, Neu. Jahrb. f. Mineral. etc. 1872, S. 193—198, 630—636, u. 1873, S. 726—744; Gottsche, Ueb. jurass. Verstein. aus der Argentin. Cordillere; Paläontogr. Suppl. III, 1878, 51 SS., 8 Taf.

26 G. Steinmann, Reisenotiz. aus Chile; Neu. Jahrb. f. Min. 1884, S. 199—203.

27 J. Domeyko, Excursion jeoloj. a las cordill. de S. Fernando; An. Univ. Chile, 1862, p. 22—42.

28 A. Pissis, Descripc. topográf. i jeolój. de la Prov. de Colchagua, eb. das. 1860, p. 659—715.

29 P. Strobel, Beitr. z. Kenntn. der geognost. Beschaffenheit d. Anden vom 33.° bis zum 35.° s. Br.; Neu. Jahrb. f. Min. etc. 1875, S. 56—62.

30 Pissis, Atacama, Anal. Univ. Chil. 1877, p. 576. Man darf wohl den Syenit als einen Theil der Küsten-Cordilleren, den Porphyr als jurassische Einschaltung, den Trachyt als den Vorläufer und die Grundlage der thätigen Vulcane ansehen.

31 Ign. Domeyko, Algunas palabras sobre el terr. en que se hallan huesos de Mastodonte en Chile; An. Univ. Chil. 1868, p. 369—374; Mastod. Andium beschreibt Branco auch weit im Norden, von den Hochflächen des N. Ecuador, welche, wie wir bald sehen werden, auf einer Linie sich befinden, welche jener des chilenischen Längenthales in vieler Beziehung homolog ist; W. Branco, Foss. Säugthierfauna von Punin bei Riobamba, in Dames und Kayser, Paläont. Abh. 1883, I, S. 134. Es ist eine weit verbreitete Art und Branco stellt die Ablagerungen von Punin der unteren Pampasfauna gleich.

32 D. Forbes, Boliv. and S. Peru, p. 35, 36.

33 Concha y Toro, Carbon foss., Anal. Univ. Chil. p. 358; auch Mallard et Fuchs, Notes s. quelques points de la Géol. du Chili; Ann. des Mines, 1873, 7. ser., III, p. 91 u. folg.

34 Philippi, Bemerk. üb. die chilenische Provinz Arauco; Peterm. geogr. Mitth. 1883, S. 453—460; auch J. P. Sieveking, Geogn. Skizzen aus d. chilen. Provinz Arauco; eb. das. S. 57—61; derselbe Granitzug auch bei Pissis, Chaîne des Andes, Ann. d. Mines, 1873, p. 413.

35 Darwin, Geol. Observ. p. 435 u. folg.; Steinmann, Reisenotizen aus Patagonien; Neu. Jahrb. f. Min. 1883, a, S. 255—258.

36 Enr. Simpson, Reconocimiento del rio Aysen; Anal. Univ. Chil. 1870, p. 128; Karte dieses Gebietes in Peterm. geogr. Mitth. 1878, T. 24 und 1880, T. 8.

37 Dana in Wilkes, Explor. Exped., Geol., p. 601—606, 720.

38 B. Bossi, Explorac. de la Tierra del Fuego con el vapor orient. Charrúa; 8°, Montevid. 1882, p. 17, 27, 37 gibt nur in allgemeinen Worten an, dass die ganze äussere Kette von Desolation bis Wollaston und Staten-Island aus Granit, Gneiss und Quarzit bestehe und die Fortsetzung der Anden bilde.

39 Darwin eb. das. p. 446; Steinmann, S. 256.

40 Darwin, On the Geol. of the Falkland Isles; Quart. Journ. Geol. Soc. 1846, II, p. 267—274.

41 Alc. d'Orbigny, Voyage dans l'Amér. mérid. 4°, 1842, III, 3, Géologie; p. 181 u. folg.

42 L. Crosnier, Notice géol. sur les Départements de Huancavelica et d'Ayacucho; Ann. d. Mines, 1852, 5. ser., II, p. 1—113, pl. I; auch Pflücker y Rio, Ueb. d. Minendistrict Yauli in Peru; Kerl u. Wimmer, Berg- u. Hüttenm. Zeitung, 1884, XLVIII, S. 341 u. folg.

43 Gabb hat nach Raimondi's Funden vom Cerro del Salto del Frayle bei Chorillo einen Ammonites Raimondianus beschrieben und dem Amm. cymodoce Orb. aus oberem Jura verglichen. Prof. Neumayr ist mit mir der Ansicht, dass die abgebildete Form den Hopliten des Neocom noch am nächsten steht. Das Gestein soll jenem der Insel S. Lorenzo entsprechen. Von dem Hügel bei der Hacienda del Imperial bei Canete, ebenfalls in der Küstenzone, beschreibt Gabb ferner Cardita exotica Orb., eine von d'Orbigny nur unvollständig aus columbischer Kreide bekannt gemachte Form; Gabb, Descript. of a Coll. of Foss. made by Dr. A. Raimondi in Peru; Journ. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1877, new ser., VIII, p. 268, pl. 37, Fig. 2 und p. 287, pl. 41, Fig. 1, 2. Es ist der hier erwähnte Fundort Tingo in Huari nicht zu verwechseln mit dem viel nördlicher gelegenen Liasvorkommen von Tingo, W. von Chachapoyas; vgl. Habenicht's Karte in Petermann, Geogr. Mitth. 1870, Taf. III.

44 Gust. Steinmann, Ueb. Tithon u. Kreide in d. peruan. Anden; Neu. Jahrb. f. Mineral. etc. 1881, II, S. 130—153, T. VI—VIII; u. ders.: Ueb. Jura und Kreide in den Anden; eb.das. 1882, I, S. 166—170.

45 A. Raimondi, El departemento de Ancachs y sus Riquezas minerales; publ. por Enr. Meiggs; gr. 8°, Lima, 1873; insb. p. 267—301.

46 Note in der Wochenschrift Nature, 3. Oct. 1881.

47 J. Orton, The Andes and the Amazon; 8°, 3. ed. 1876, insb. p. 551 u. folg.

48 Alph. Hyatt, The Jurass. and Cretac. Ammonites coll. in S. America by Prof. J. Orton, with an App. etc. Proc. Boston. Soc. nat. hist. 1874—75, XVII, p. 365—372.

49 Th. Wolf, Viajes cientif. por la Republ. del Ecuador; 3 Hefte (Loja, Azuay, Esmeraldas); 8°, Guayaquil, 1879 und Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1876, XXVIII, S. 391—393, Karte.

50 Th. Wolf, Geogn. Skizze der Provinz Guayaquil; Neu. Jahrb. f. Min. 1874, S. 385—396.

51 W. Reiss, Bericht üb. eine Reise nach d. Quilotoa und dem Cerro Hermoso in den ecuador. Cordilleren; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1875, XXVII, S. 274—294; ders.: Die geol. Verhältnisse der Fundstell. foss. Säugthierknochen in Ecuador (in Branco: Säugth.-Fauna von Punin bei Riobamba), Dames u. Kayser, Paläont. Abh. 1883, I, S. 41—56, Karte, u. an and. Ort.

52 Steinmann, Ueb. Jura u. Kreide in d. Anden; Neu. Jahrb. f. Min. 1882, a, S. 169.

53 H. Karsten, Ueb. d. geognost. Verhältn. d. W. Columbien, der heutigen Republ. Neu-Granada u. Equador; Amtl. Ber. üb. die 32. Versamml. deutsch. Naturf. u. Aerzte zu Wien, 1858, S. 80—117, Karte; V. Uhlig, Die Cephalop. Fauna der Wernsdorfer Schichten; Denkschr. Akad. Wien, 1883, XLVI, S. 158 u. folg.

54 Manche Angaben deuten allerdings auf eine grössere Selbständigkeit der Serra S. Marta im Sinne der älteren Auffassung Humboldt's, so insb. Acosta, Bull. soc. géol. 1852, 2. sér., IX, p. 396 und zum Theile auch Cornette, eb. das. p. 509 u. folg.

55 Karsten, Beitr. z. Kenntn. der Gesteine des N. Venezuela; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1859, XI, S. 345—361, Karte; G. P. Wall, On the Geol. of a Part of Venezuela and of Trinidad; Quart. Journ. geol. Soc. 1860, XVI, p. 460—470, Karte; W. O. Crosby, Notes on the phys. Geogr. and Geol. of Trinidad; Proceed. Boston Soc. nat. Hist. 1878, XX, p. 44—55; ferner die Reports Geol. Surv. West Ind. von Sawkins und Wall.

56 Th. Wolf, Ein Besuch der Galápagos-Inseln, 8°, Heidelberg, 1879, S. 18 (Frommel und Pfaff, Samml. v. Vorträgen, I, S. 259—300, Karte); allerdings fehlt auch in Ecuador nicht ein basaltischer Typus; vgl. Gümbel, Sitzungsb. Ak. Münch. 1881, S. 365 u. folg.

57 Lopez, Esplor. de las islas esporad. al Occid. de la costa de Chile; An. Univ. Chil. 1876, p. 649—673. Die angebliche Insel Buchili (etwa 28° 4' lat., 95° 4' long.) war gar nicht zu finden, ebensowenig die Insel Gray.

58 J. Kolberg, Nach Ecuador; 2. Aufl. 4°, Freib. im Breisg. 1881, S. 209—221 u. an and. Ort.

59 A. Pissis, El desierto de Atacama; An. Univ. Chil. 1877, p. 585—588.

60 Orton, Andes and Amazon, p. 116; die auf den Vergleich älterer barometrischer Messungen gegründete Ansicht desselben Verfassers, dass die Anden heute sinken, wurde von Reiss widerlegt; Reiss: Sinken die Anden? Verh. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1880, VII, S. 45 u. folg.

61 Al. Agassiz and L. F. Pourtalès, Recent Corals from Tilibiche, Peru; Bull. Mus. Comp. Anat. Cambridge, 1876, III, p. 287—290; Am. Journ. Sc. 1876, 3. ser., XI, p. 499.

62 D. Forbes, am ang. O. p. 19.

ZEHNTER ABSCHNITT.

Die Antillen.

Drei Inselreihen. — Cuba. — Haiti. — Jamaica. — Puerto Rico bis Barbados. — Die Cordillere der Antillen. — Vergleich mit der Umrahmung des westlichen Mittelmeeres. — Erdbeben.

In Mittel-Amerika folgt das Streichen des Grundgebirges nicht dem Verlaufe der langgestreckten Verbindung des nördlichen und des südlichen Continentes, sondern verläuft, so weit es genauer bekannt ist, quer auf dasselbe. Dies ist besonders deutlich in Guatemala, wo ein beträchtliches Stück einer einseitigen, nach WSW. streichenden Kette hervortritt (S. 119, 120). Diese Kette zieht aus dem westlichen Honduras herüber; das Längenthal des Rio Motagua bezeichnet ziemlich genau ihre Richtung. Wir folgen vornehmlich den Nachrichten von Dollfuss und Mont-Serrat, da Seebach's Beobachtungen erst im Auszuge bekannt geworden sind.[1]

Die südlichste Zone besteht aus mehreren ziemlich ausgedehnten Vorkommnissen von Granit, welche nördlich und südlich von der Stadt Guatemala, dann südlich vom Rio Motagua bis über Zacapa hinaus beobachtet sind. An diese reiht sich gegen N. eine breite Zone von Glimmerschiefer, weiterhin eine solche von Talkschiefer, und diese Theile erreichen, S. vom Golfo Dolce hinziehend, am Amatischen Golf und bei Omoa im Golf von Honduras das Meer. Ihnen sind nordwärts Conglomerat und Sandstein von geringerer Mächtigkeit aufgelagert, denen jenseits

des Golfo Dolce, am Rio de Cajabon und weiter gegen N. und NW. ein weites Kalksteingebirge folgt, dessen Grenzen unbekannt sind. Die spärlichen Vorkommnisse von Versteinerungen, nach welchen die Vermuthung ausgesprochen worden ist, dass hier Jurakalkstein auftrete, scheinen mir zur Begründung dieser Vermuthung nicht ausreichend zu sein.

Es ist also ein quer über die Landenge von WNW. gegen ONO. streichendes Gebirgsstück vorhanden, dessen ältestes Glied in SSO. liegt, während die jüngeren Zonen gegen NNW. folgen. Durocher hat es als das ‚Système de Segovia' bezeichnet.[2]

Dieses Gebirge ist südwärts abgegrenzt durch eine grosse Masse von altvulcanischen Bildungen mannigfaltiger Art, welche den grössten Theil der Gebirge von Salvador und alle südlicheren Ketten von Guatemala bilden. Eine schräge Bruchlinie, von der Bucht von Fonseca dem pacifischen Ufer in der Richtung gegen WNW. folgend, bezeichnet die Hauptlinie der jungen, zum Theile noch thätigen Vulcane dieses Gebietes (S. 122, Fig. 5). Sie trifft westlich von der Stadt Guatemala in einem spitzen Winkel die Streichungsrichtung des Kettengebirges, schneidet dasselbe ab und setzt nach Mexico fort. Viele der grössten dieser Vulcane, unter ihnen die mächtigen Kegel des S. Miguel, des Acatenango, des Vulc. d'Atitlan u. And. liegen auf dem Gebiete der altvulcanischen Felsarten.

Die Antillen werden von den Gipfeln eines Kettengebirges gebildet, welches das caraibische Meer vom atlantischen Ocean und vom Golf von Mexico scheidet. Von Honduras her scheint durch Jamaica und das südwestliche Haiti ein zweiter Bogen sich an die Hauptkette anzuschliessen. Selbst die grossen Tiefen, welche an einzelnen Stellen, wie zwischen Virgin Gorda und Anguilla, vorhanden sind, unterbrechen nicht das einheitliche Streichen des Gebirgszuges.

Dieser einheitliche Bau ist von vielen Beobachtern bereits hervorgehoben worden, von Niemandem nachdrücklicher und mit schärferem Hervorheben der Beziehungen zum mittelamerikanischen Festlande als von dem berufensten Kenner dieser Gegenden, Karl v. Seebach.

Mit dem Abfalle des mexicanischen Tafellandes im Staate Oaxaca, sagt Seebach, endet der geschlossene nördliche Continent. Südlich und östlich von der Landenge von Tehuantepec beginnt Central-Amerika, das schon in die Inselwelt der Antillen gehört. .. . . Der Gebirgszug der grossen Antillen, welcher weiter östlich in Puerto Rico und S. Domingo, dem östlichen Theile von Haiti, nur eine Hauptkette bildet, theilt sich in der Mitte dieser letzten Insel; ein südlicher Zweig zieht sich durch den langgestreckten Inselarm von Jacmel nach Jamaica und nach Honduras, während ein nördlicher Arm über Cuba hinausreicht nach Yucatan. . . .'

‚Sollte es blos ein merkwürdiger Zufall sein, dass die aus krystallinischen Schiefern und Massengesteinen bestehende Sierra Maestra im Südosten Cuba's (in welcher die grossen Antillen mit 2338 M. Seehöhe ihre höchste Erhebung erreichen) durch die Caimangruppe, die Misteriosabank, die Viciosas und Schwaneninsel hinüberführt in die Tiefe des Golfes von Honduras, von dessen Rande hier jähe aufsteigende Gebirgskämme von gleicher Zusammensetzung mit constantem Streichen sich in das Innere fortziehen?'[3]

Und indem wir nun mit Seebach die beiden nach NO. vortretenden Gebirgszüge von Yucatan und Guatemala nur als ‚die westlichsten Ausläufer des Gebirgssystems der grossen Antillen' betrachten, tritt nicht nur die Bedeutung des oben über den Bau von Guatemala Erwähnten hervor, sondern zeigt sich in ihrer vollen Schärfe die Richtigkeit der von Humboldt angedeuteten, von Ritter mit grossem Nachdrucke vertretenen Ansicht, dass Nord- und Südamerika als zwei wesentlich verschiedene Continente zu betrachten seien, zwischen denen als ein drittes Element das Gebiet Central-Amerika's und der Antillen liegt. —

Man kann die Antillen in mehrere Zonen eintheilen.

Die erste, innerste Zone, innerhalb der Concavität des Bogens gelegen, tritt nur im östlichen Theile, den kleinen Antillen, auf. Sie ist ganz von jungvulcanischer Entstehung. Diese Zone wird gebildet von den Inseln: Saba, S. Eustatius, S. Christoph (S. Kitts), Nevis, Redonda, Montserrat, die westliche Hälfte des tief eingeschnittenen Guadeloupe, Dominica, Martinique, S. Lucia, S. Vincent, die Grenadinas und Grenada. Diese Inseln bilden

einen zusammenhängenden einfachen Bogen, und einzelne von ihnen umfassen drei bis vier, Martinique nach Jonnès sogar sechs Ausbruchsstellen.

Die nächste Zone umfasst die grossen und reichen gebirgigen Inseln der grossen Antillen und einen schmalen, aber gut gekennzeichneten Saum der kleinen Antillen. Ihre Gebirge sind ganz nach dem Typus der Küsten-Cordilleren des Südens und der Berge von Venezuela zusammengesetzt. Die organischen Reste der unteren Kreide sind die ältesten; auch sie sind nur durch einige Spuren vertreten, dagegen treten, wie schon auf Trinidad und in Nord-Venezuela, im Turon reinere und versteinerungsreiche Kalkablagerungen auf. An die Kreideformation schliesst sich hier wie in Trinidad eine mächtig entwickelte Serie von tertiären Ablagerungen, von welcher einzelne Glieder eine erstaunliche Aehnlichkeit mit europäischen Vorkommnissen zeigen. Diese Ablagerungen vermitteln eine Verbindung mit der dritten Zone.

Es gehören zu dieser zweiten Zone: Cuba und die Pinos-Insel, Haiti, Puerto Rico, die Virginischen Inseln mit S. Croix, Anguilla, S. Bartholomäus, Antigua, die Osthälfte von Guadeloupe und ein Theil von Barbados, ferner der durch Jamaica herüberstreichende südliche Bogen. So weit diese Zone den kleinen Antillen angehört, bildet sie einen ausserhalb der Vulcane hinziehenden Gürtel.

Die dritte, äusserste Zone umfasst nur mitteltertiäre oder noch jüngere Bildungen. Sie erhebt sich nirgends zu eigentlichen Gebirgszügen, ist sogar in der Regel ganz flach, gegen NW. breiter, gegen SO. sich verengend. Hieher fallen die Bahama's, alle niedrigen Bänke bis Natividad, dann Anegada, Sombrero, Barbuda und ein Theil von Barbados. Ich möchte jedoch die ganze Halbinsel Florida und vielleicht sogar den flachen Theil von Yucatan dieser Zone zuzählen.

Diese regelmässige Anordnung der Inseln hat bereits L. v. Buch in ihren Grundzügen richtig erkannt. ‚Die vulcanischen Inseln der Antillen,‘ schrieb der grosse Forscher vor nun sechzig Jahren, ‚liegen alle in einer fortlaufenden Kette hintereinander, ohne von nichtvulcanischen Inseln unterbrochen zu sein. Dagegen zieht sich im Osten dieser Inseln, ausserhalb, gegen den grossen Ocean, eine andere, wenn auch weniger bestimmte Reihe von

Inseln hin, welche von vulcanischen Phänomenen nur noch wenige Spuren zeigt und Vulcane selbst gar nicht enthält. Dies ist eine höchst merkwürdige Thatsache.'[4]

Es ist die mittlere Zone, welche ich etwas näher zu besprechen beabsichtige.

Cuba erreicht, wie oben gesagt worden ist, die grösste Höhe in der Sierra Maestra, in dem südöstlichen Theile der Insel, zwischen Cabo de Cruz und S. Jago de Cuba. Der Pico Tarquino misst 2338 M. Das Gebirge fällt südwärts steil zum Meere, streicht WO. bis ONO. und die Schichten neigen sich gegen Nord. Nach Cía kommt an dem südlichen Fusse an mehreren Stellen Granit zum Vorschein, während die höheren Theile des Gebirges aus einem Wechsel von dünngeschichtetem grünem Sandstein mit Feldspathkörnern, dunklem Schiefer, einer Breccie von Kalk und Schiefer, endlich wenig mächtigen Lagen von Kalkstein bestehen. Diesem Wechsel folgt eine mächtige Breccie, deren Bindemittel als dunkler Diorit oder dioritischer Porphyr bezeichnet wird.[5] Ein dunkler Mandelstein erscheint mit dieser Breccie. Eine Breccie von solcher Beschaffenheit zeigt sich auf vielen der westindischen Inseln; englische Geologen haben sie ,Blue-beache' genannt. Dieselbe ist N. von S. Jago bis Cuba gegen Ost und West an der Nordseite der Sierra sichtbar und hierauf folgen flachgelagerte tertiäre Ablagerungen im Thale des Rio Cauto bis in die Nähe von Holguin.

Bei Holguin trifft man ein Feldspath und Amphibol enthaltendes Eruptivgestein, an anderen Orten wahren Syenit und in unmittelbarer Berührung mit diesen einen Zug von Serpentin, welcher sich von hier an nach den übereinstimmenden Angaben von Cía und Castro durch die ganze Insel, und zwar über Puerto Principe bis in die Nähe von Habana und bis in den westlichsten, gegen WSW. streichenden Theil der Insel erstreckt. Dieser lange Serpentinzug ist von vielen Zügen von lichtem, hartem Kalkstein, insbesondere gegen Nord, begleitet. Er erreicht nirgends bedeutendere Höhen, bildet jedoch eine Wasserscheide durch die Mitte der ganzen Insel; er ist der Sitz des Mineralreichthums von Cuba und führt Kupfer, Chromeisen und Gold. Es fehlen nicht flysch-

ähnliche Sandsteine und von Holguin bis Habana sind Vorkommnisse von Asphalt und Erdöl bekannt.[6]

Schon Humboldt hat den Serpentin bei Habana getroffen. Salterain hat die Umgebung dieser Stadt beschrieben. Die Nordküste ist hier, wie an sehr vielen anderen Orten, von einem Saume von flachgelagertem, tertiärem Kalkstein begleitet, welcher streckenweise eine geradezu karstähnliche Oberfläche annimmt oder sich mit rother Erde bekleidet. Innerhalb dieses Saumes erheben sich die langen Rücken von gefaltetem, versteinerungsleerem, glaukonitischem Kieselkalk, Mergel und Sandstein. Diese Felsarten umschliessen die Asphalt-Vorkommnisse; durch ihre Zersetzung erzeugen sie den Untergrund der reichsten und fruchtbarsten Theile der Insel. Aus diesen glaukonitischen Ablagerungen ragt hier der lange, aber niedrige Rücken von Serpentin in Begleitung von alten Eruptivgesteinen hervor; er ist in dem Hafen von Habana selbst als eine dunkle, vegetationslose Masse sichtbar.[7]

Nach Castro's Angaben tritt südlich von dem langen Zuge von Serpentin, in der Sierra de Cumanayagua, W. von der Hafenstadt Trinidad, Gneiss, Talkschiefer und dunkler Kalkstein von höherem Alter hervor. —

Es sind zwar verschiedene Vermuthungen über das Alter der Sedimente von Cuba geäussert worden, und wurden z. B. die schwarzen Thonschiefer und die Quarzite von Mantua im Westen der Insel, an der Nordseite der Sierra de los Organos für paläozoisch gehalten, aber bis heute ist mir weder von Cuba, noch überhaupt von einer anderen der westindischen Inseln irgend ein Fossil bekannt, das mit Bestimmtheit ältere als cretacische Ablagerungen anzeigen würde. Hippuriten sind in dem lichten Kalkstein von Cuba an mehreren Stellen gefunden worden; unter den jüngeren flachgelagerten Sedimenten ist der Orbitoidenkalkstein zu erwähnen, welcher sich auf Florida und auf vielen der Inseln wiederholt, und dessen Alter bereits besprochen worden ist (S. 366).

Der Westen von Haiti ist wenig bekannt, dagegen hat Gabb eine vortreffliche Monographie des Baues der Republik S. Domingo, also der Mitte und des ganzen Ostens geliefert.[8]

Das Streichen des Gebirges ist auch gegen OSO. gerichtet, und die Elemente, welche den Boden zusammensetzen, sind dieselben wie auf Cuba. Die flyschähnlichen Schiefer, Kalksteine und Sandsteine, die ‚Sierra Group', wie Gabb sie nennt, erscheinen in mehreren parallelen Zügen; sie haben einige wenige und schlechterhaltene Versteinerungen von cretacischem Charakter (Ammonites, Trigonia u. And.) geliefert, und an einer Stelle, W. von S. Domingo, bei Azua in der Bucht von Ocoa, tritt etwas Petroleum hervor. Serpentinartige Züge treten in denselben auf und Castro sagt ausdrücklich, er habe auf Haiti die Fortsetzung des Serpentin's von Cuba gefunden. Syenitische und andere Massengesteine bilden in mehreren Zügen die Höhen des angeblich bis zu 8000 Fuss sich erhebenden Cibaogebirges.

Im Einzelnen ist der Bau der Republik S. Domingo etwa folgender. An der äussersten NO. Küste kommen, insbesondere bei Cabo Frances und in grösserer Ausdehnung auf der Halbinsel Samaná, Sandstein und Schiefer hervor. Man darf sie wohl als den Nordrand einer gegen OSO. streichenden Synklinale ansehen, denn die landeinwärts folgende Sierra von Monte Cristi ist ganz tertiär, sowie auch das grosse Längenthal, welches von der Bucht von Manzanilla quer durch die Insel bis zur Bucht von Samaná herüberreicht. Auch an den Fuss des nun südwärts folgenden hohen Cibaogebirges schliessen sich noch die Tertiärablagerungen an.

Die ersten Höhen des Cibaogebirges bestehen wenigstens von Sabaneta ostwärts wieder aus Sandstein und Schiefer, und diese sind es allein, welche ostwärts vordringend den Gebirgszug der Halbinsel von Seybo zusammensetzen, während die unter ihnen hervortretenden und sie stellenweise gangförmig durchdringenden Massengesteine, aus welchen die höchsten Theile des Cibao bestehen, gegen Ost schon oberhalb der Stadt S. Domingo abbrechen. Südwärts folgen gegen die Bucht von Ocoa abermals Sandstein und Schiefer; aus ihnen besteht wahrscheinlich der grösste Theil der Südküste, sowie beide gegen West, d. i. gegen Cuba vorspringenden Halbinseln.

Jamaica ist durch die Bemühungen früherer englischer Forscher, insbesondere aber durch die von Sawkins und Brown

ausgeführte Aufnahme sehr genau bekannt.[9] Die tertiären Bildungen nehmen hier einen grösseren Theil der Oberfläche in Anspruch wie auf Cuba oder Haiti. Das Streichen ist beiläufig dasselbe. Der Westen der Insel ist tertiär und hügelig, die grösseren Höhen gehören dem östlichen Theile an; hier erheben sich die Blauen Berge mehr als 7000 Fuss hoch. Sie bestehen aus denselben Felsarten wie das Cibaogebirge auf Haiti. Syenit, Granit und Diorit treten hauptsächlich an ihrer südwestlichen Seite hervor; die ‚Metamorphosed Series', welche nichts Anderes ist als die flyschartigen Bildungen der andern Inseln, setzt die höchsten Theile der Kette zusammen. Sie ist gefaltet und tritt, wenn auch mit viel geringerer Höhe, noch einmal gegen die Mitte der Insel aus den jüngeren Ablagerungen hervor. Ueber dieser Serie liegen die bereits erwähnten fossilienreichen Ablagerungen der mittleren Kreideformation. Sawkins schätzt die Mächtigkeit derselben auf 5—600 Fuss. Man trifft nach diesem Beobachter in ihrem tieferen Theile nur fest in den Kalkstein eingewachsene Reste sehr grosser Radioliten und die merkwürdige Rudistengattung Barrettia, während die so sehr an die Gosaubildungen der Ostalpen erinnernde Fauna mit Actaeonella und Hippurites höher liegt.

Unsere Kenntniss von Puerto Rico beschränkt sich leider auf eine kurze Notiz, welche Cleve seiner lehrreichen Darstellung des Baues der östlicher folgenden Inseln einverleibt hat. Das Streichen scheint hier mehr nach Ost gerichtet zu sein; innerhalb eines schmalen, die Nordküste begleitenden Saumes junger Ablagerungen tauchen auch hier wieder dieselben Felsarten hervor, welche auf Haiti besprochen wurden.[10] Sie setzen auf die Virginischen Inseln fort.

Diese Inseln sind von einander und von Puerto Rico nur durch geringe Meerestiefen getrennt, und Cleve hat deutlich gezeigt, wie die einzelnen Gesteinszonen mit ostwestlichem Streichen durch die einzelnen Inseln des Archipels hinstreichen, den Zusammenhang ihres Baues erweisend. Man sieht im Süden von S. Thomas und S. John über Norman und Peters Island eine Zone von älteren eruptiven Felsarten hinstreichen, welche als ‚Felsite with subordinate Blue-beache' bezeichnet werden. Eine ähnliche

Zone verläuft im Norden des Archipels N. von Tortola und durch die Nordhälfte von Virgin Gorda. Zwischen beiden liegen mit demselben Streichen Zonen von ‚Blue-beache', welche begleitet sind von umgewandeltem und steil aufgerichtetem Schiefer, Quarzit und Kalkstein.

In einer Zone, welche so ziemlich die mittlere zu sein scheint, trifft man bei Coki Point auf S. Thomas Actaeonella laevis und andere Versteinerungen der mittleren Kreide. Man möchte vermuthen, dass diese ganze Inselgruppe eine einzige grosse Synklinale darstellt, deren jüngstes und mittleres Glied die Actaeonellenschichten wären.[11]

Von diesem Baue macht die nördlichste der Virginischen Inseln, Anegada, eine Ausnahme; es ist bereits gesagt worden, dass sie ganz flach ist und der äusseren Zone angehört. —

Südlich von der Insel Vieques und den südlichen Virginischen Inseln senkt sich nun der Meeresboden plötzlich zu ausserordentlicher Tiefe herab. Das nahe S. Croix soll durch Meerestiefen von mehr als 12.000 Fuss abgetrennt sein. Nichtsdestoweniger wiederholen sich auch hier dieselben Gesteine. Sie bilden hauptsächlich den Norden der Insel und sollen am Strande sofort steil bis zu etwa 6000 Fuss Tiefe in's Meer abstürzen; der Süden der Insel ist tertiär.

Oestlich von S. Croix beginnt die bogenförmige, gegen Süd sich ziehende Linie der Vulcane. Die Aschenkegel ragen bis zu 4000 Fuss hoch empor. Die ihnen östlich vorliegende Reihe von Inseln, auf welcher die Felsarten von Cuba und Haiti ihre Fortsetzung finden, erhebt sich nur an einer einzigen Stelle zu 1400 Fuss; ihre Höhe schwankt zwischen 200 und 500 Fuss.

An der Westküste von Anguilla treten nur auf geringe Erstreckung die älteren Eruptivgesteine und die Flötzbildungen der grossen Inseln zu Tage; sie enthalten Kupfer und sie bilden einige der umliegenden Riffe.[12]

Sie setzen den südlichen Theil von S. Martin zusammen, tauchen auf S. Bartholomäus bei der Stadt Gustavia hervor und bilden die höchsten Theile dieser Insel.[13] Auch auf Antigua bestehen die höchsten Rücken aus Grünstein, Mandelstein und Porphyr.[14]

Auf Barbados quillt, wie seit langer Zeit bekannt ist, Erdöl in grosser Menge aus dem Boden hervor, wie auf Trinidad. —

Nach den oben angeführten Beobachtungen ist die ganze mittlere oder Hauptzone der westindischen Inseln, vom Cabo S. Antonio an dem westlichen Ende Cuba's durch Jamaica, Haiti, Puerto Rico bis Barbados aus denselben Felsarten zusammengesetzt. Granit, stellenweise wohl auch gneissähnliche Gesteine, ältere eruptive Felsarten, das eigenthümliche Blue-beache, Serpentin, glaukonitischer Sandstein, dann lichter Kalkstein, welcher, so weit er sicher bestimmbare organische Reste geliefert hat, von cretacischem Alter ist, bilden die sichtbaren Reste eines einst zusammenhängenden Gebirgszuges. Es sind dieselben Gesteine, welche die Insel Trinidad, die nördliche Kette von Venezuela, dann jene von Merida und Bogota mit ihrer südlichen Fortsetzung und die ganze Reihe der Küsten-Cordilleren bis zu dem südlichsten Ende des südamerikanischen Festlandes bilden.

Es ist dieselbe Reihe der Gesteine, welche man in vielen Theilen Griechenlands, auf Kreta und Cypern, in vielen Theilen der taurisch-armenischen Schaarung, im östlichen Afghanistan, auf den Andamanen und den Nikobaren antrifft. Dabei ist die Aehnlichkeit mit gewissen Gebieten des europäischen Flysch eine ausserordentliche. Th. Wolf sagt, dass es ‚Nagelflue und flyschartige Gesteine' sind, welche südlich vom Chimborazo bis gegen Alansí die westliche Cordillere von Ecuador vom Fusse bis zum Scheitel zusammensetzen.[15] Die Vorkommnisse von Erdöl wiederholen sich in dem untercretacischen Flysch der Karpathen und die langen Züge von Serpentin im Flysch des nordöstlichen Bosnien, auf Euboea und an sehr vielen anderen Orten. —

Wir werden fortan diese Reihe von Inseln als die Cordillere der Antillen bezeichnen. Ihr Verlauf ist ein bogenförmiger. Gegen West erscheint dieselbe in mehrere Aeste in Virgation auseinanderzutreten, wie Seebach angezeigt hat. Ein Ast zieht vom südlichen Haiti über die Halbinsel Jacmel und die Blauen Berge auf Jamaica nach Honduras, der andere von den Cibaobergen auf Haiti über die Sierra Maestra auf Cuba gegen den Amatischen Golf in Guatemala und dort quer über die Landenge bis zu der Linie der grossen Vulcane. Möglicherweise ist ein dritter in

der Mitte der Insel Cuba durch die Sierra de Cumanayagua angedeutet.

Die Cordillere ist gegen Nordost und Ost von tertiären und noch jüngeren Meeresbildungen umgeben, unter welchen wir bereits an früherer Stelle (S. 366) die Korallenbänke von Cast. Gomberto und den Orbitoiden-Kalkstein, welcher dem unteren Kalkstein von Malta entspricht, erkannt haben. Welche von diesen Gliedern noch an der Faltung theilnehmen, war ich nicht in der Lage, aus den mir vorliegenden Angaben mit voller Sicherheit zu ermitteln; jedenfalls liegen die jüngeren abstossend und flach an den Abhängen des gefalteten Gebirges, und zwar ist ihre Anordnung eine ähnliche wie jene der absteigenden Serie bei Suez. Die jüngeren Theile fügen sich nämlich in geringerer Seehöhe an die älteren. Diese flachgelagerten, jungen Sedimente, zumeist Kalkstein, bilden nicht nur den Saum der grossen Inseln, sondern auch einzelne kleine und flache Inseln mit sehr steilen Rändern zwischen den Stücken der Cordillere, wie die Insel Mona zwischen Haiti und Puerto Rico.[16] Aus ihnen besteht auch die ganze äussere Reihe niedriger Inseln, nämlich ein Theil von Barbados, Barbuda, Sombrero, Anegada und die weiteren Plattenstücke bis zur Halbinsel Florida (S. 368).

Die Anordnung der Vulcane an der Innenseite der Cordillere entspricht ganz und gar jener der Vulcane des Apennin und der Karpathen; es ist der Einbruch der Innenseite des Bogens. In vollem Gegensatze zu dem Baue des südamerikanischen Continentes zeigt die Umrahmung des caraibischen Meeres eine ähnliche Structur wie jene des westlichen Mittelmeeres. Man kann sogar behaupten, dass das caraibische Meer nach der Art der Umrahmung zu dem mexicanischen Golfe in einem Verhältnisse steht, welches einige entfernte Aehnlichkeit zu den Beziehungen zwischen dem westlichen und dem südöstlichen Theile des Mittelmeeres besitzt. Das caraibische Meer ist nach N. und nach O. von der gebrochenen Innenseite eines Gebirgszuges umfasst, welcher im Osten eine Reihe von Vulcanen an dem Bruchrande hervortreten lässt. Obwohl eine Umbeugung dieser Kette von Barbados in die OW. Richtung von Trinidad und der Gebirgskette von N. Venezuela nicht nachgewiesen ist, sieht man doch auch

diese Gebirgskette ihre gebrochene Innenseite dem Meere zukehren. Ebenso ist es in Italien, im NW. Afrika und a. der spanischen Südküste. Der mexicanische Golf liegt ausserhalb der Cordillere der Antillen; er ist eingebrochen in das Vorland; sein Umriss ist nicht in kennbarer Weise durch den Verlauf von Gebirgsfalten beeinflusst, es sei denn höchstens im W. durch die Annäherung der mexicanischen Gebirgszüge an die Küste von Veracruz. Ebenso ist der südliche Theil des östlichen Mittelmeeres eingebrochen in die Wüstentafel, ohne dass der Umriss durch Gebirgszüge vorgezeichnet wäre. In dem nördlichen Theile des östlichen Mittelmeeres tritt allerdings ein anderer Umstand hinzu. Dort ist der taurische Bogen eingebrochen, und sonderbarer Weise findet man gerade dort zwei grosse Inseln, Kreta und Cypern, welche mit den Bogenstücken der Cordillere der Antillen besondere Aehnlichkeit besitzen. Auch sie sind Bogenstücke; dieser Umstand prägt sich in ihren Umrissen ebenso deutlich aus wie in Cuba oder Haiti, und sie bestehen der Hauptsache nach aus denselben Felsarten wie die grossen Antillen, nämlich aus Serpentin mit Chromeisen, Flysch und Kreidekalk, wobei Granit als die Unterlage sichtbar wird.

So wie der Umkreis des westlichen Mittelmeeres in Calabrien, am Cabo di Gata und an anderen Stellen häufig von Erdbeben heimgesucht ist, werden auch die Umgebungen des caraibischen Meeres häufig von Erschütterungen betroffen. Caracas und Cumana an der Nordküste von Venezuela, Guadeloupe unter den vulcanischen Inseln, Port Royal auf Jamaica sind zu trauriger Berühmtheit gelangt. Es liegen bereits zahlreiche Schriften über diesen Gegenstand vor, aber irgend ein Zusammenhang der Erscheinungen ist mir wenigstens zur Zeit nicht erkennbar. Salterain hat gezeigt, dass auf Cuba zwei getrennte seïsmische Gebiete vorhanden sind.[17] Das erste Gebiet, seit Jahrhunderten durch grosse Erschütterungen ausgezeichnet, liegt in der Nähe von Santjago de Cuba und gehört ganz der Ostseite der Insel an. Ein zweites wird durch die Erdbeben der Cordillere von Vuelta-Abajo angezeigt; diese begannen in der Nacht vom 22. auf den 23. Januar 1880 und dauerten bis in den Monat Mai desselben Jahres. Sie bewegten sich quer durch den schmalen westlichsten Theil der

Insel mit der Richtung SW.—NO. oder WSW.—ONO. auf einem ziemlich wohl abzugrenzenden Raume, welcher durch die Meridiane von las Mangas und S. Cruz de los Pinos gekennzeichnet wird. Um dieselbe Zeit bildete sich weit von der Insel Cuba in dem See von Ilopango auf der grossen Linie von Vulcanen, welche an der pacifischen Küste durch S. Salvador zieht, ein neuer Krater (S. 121). Rockstroh's Bericht lässt ersehen, dass dort die Erschütterungen in den letzten Tagen des Jahres 1879 begannen, am 20. Januar 1880, 11 Uhr p. m. unter heftigen Schlägen eine grosse Dampfsäule sich aus dem See erhob und dass am folgenden Morgen in seiner Mitte die neue Insel begann sichtbar zu werden, am Nachmittage des 23. Januar sich die Thätigkeit steigerte und im Februar der neue Vulcan sich aufbaute. Seine Felsart ist Rhyolith; die Erschütterungen dauerten noch längere Zeit nach.

Aus der nahen Uebereinstimmung der Zeit und der Richtung haben Salterain und Viñes gefolgert, dass ursachlicher Zusammenhang zwischen dem Ausbruche im See von Ilopango und dem Transversalbeben von Vuelta-Abajo bestehe. Die Bestätigung dieser Ansicht muss von künftigen Erfahrungen abhängig bleiben.

Auf den Querspalten der grossen von Costa Rica bis über Guatemala hinausreichenden vulcanischen Linie rückt die eruptive Thätigkeit in der Richtung gegen den pacifischen Ocean vor. Wie an früherer Stelle erwähnt worden ist, erfolgt diese Bewegung ziemlich rasch und haben sich seit einem Jahrhunderte bereits mehrere neue Vulcane gebildet.

Anmerkungen zu Abschnitt X: Die Antillen.

[1] A. Dollfuss et E. de Mont-Serrat, Voy. géol. dans les Républ. de Guatemala et de Salvador; Miss. scientif. au Mexique etc. 4°, Paris, 1868.

[2] J. Durocher, Rech. sur les Systèmes de Montagnes de l'Amér. centr.; Comptes rend. 1860, LI, p. 44; auch dess. Etudes sur l'orogr. et la géol. de l'Amér. centr.; eb. das. 1860, L, p. 1170—1175.

[3] K. v. Seebach, Central-Amerika und der interoceanische Canal; 8°, Berlin. 1873, S. 11 u. folg.; Sammlung gemeinverst. Vortr. hggeb. v. Virchow u. Holtzendorff, VIII. Ser., Heft 183. Das Querstreichen des Gebirges bemerkte auch M. Wagner, Phys. geogr. Skizze der Prov. Chiriqui; Peterm. geogr. Mitth. 1863, S. 281—299, Taf. II.

[4] L. v. Buch, Physikal. Beschreib. d. Canarischen Inseln; 4°, 1825, S. 400.

[5] Policarpo Cía, Observac. geol. de una gran parte de la isla de Cuba; Revist. minera, 1854, V, p. 365, 393, 420, 451.

[6] M. F. de Castro, Pruebas palaeont. de que la Isla de Cuba ha estado unita el Continente amer. y breve Idea de su Constit. geol.; Bolet. Comis. Mapa Geol. 1881, VIII, p. 357—372. Für die jüngeren Bildungen: W. O. Crosby, On the elevated Coral Reefs of Cuba; Proc. Boston Soc. nat. hist. 1882, XXII, p. 124 u. folg.

[7] P. Salterain, Apuntes para una Descripcion fis.-geol. de las Jurisdicc. de la Habana y Guanabacoa; eb. das. 1880, VII, p. 161—225; Karte. Die von Lea vor längerer Zeit aus der Gegend von Habana beschriebenen Fossilien zeigen, dass es an mesozoischen Resten nicht fehlt, doch wird durch sie die Anwesenheit der Juraformation nicht erwiesen; Is. Lea, Notice of the Oolit. formation in America; Trans. Amer. Philos. soc. 1840, 2. ser. VII.

[8] W. M. Gabb, On the Topogr. and Geol. of Santo Domingo; Transact. Am. Philos. Soc. Philadelphia; 1873, new ser., XV, a, p. 49—259; Karten.

[9] J. G. Sawkins, Reports on the Geol. of Jamaica, or Part II of the W. Ind. Survey; 8°, Lond. 1869; insb. p. 26 u. folg.; auch L. Barrett, On some cretac. Rocks in the South-Eastern Portion of Jamaica; Quart. Journ. Geol. Soc. 1860, XVI, p. 324—326; M. Duncan and G. P. Wall, A Notice on the Geol. of Jamaica; eb. das. 1865, XXI, p. 1—15.

[10] P. T. Cleve, On the Geol. of the North-Eastern West-India Islands; Svensk. Vetensk. Ak. Handling. 1870, ny föld, IX, 57 pp. und Karten; Puerto Rico: p. 14, 15; auch Annals N. York Acad. Sc. 1882, II, p. 185 u. folg.

[11] Cleve, am ang. O. Taf. II, Fig. 1; auch Woodward erwähnt Actaeonella laevis von St. Thomas in Quart. Journ. geol. Soc. 1866, XXII, p. 570. Für die Insel Culebra auch D. Cés. de Guillerna, Mem. del Reconocimento del Inter. de la Isla de Culebra; Bolet. Soc. geogr. Madrid, 1880, VIII, p. 23—47, insb. p. 35.

[12] Sawkins, Reports etc. Append. I: Geol. Report on the Isl. of Anguilla, p. 257—261; aus mehreren älteren Darstellungen nenne ich nur eine, für ihre Zeit allerdings ganz vortreffliche Schrift: Will. Maclure, Observ. on the Geol. of the W. Ind. Islands from Barbadoes to Santa Cruz inclus.; Journ. Acad. Nat. Sciences, Philadelphia, 1817, vol. I, a, p. 134—149.

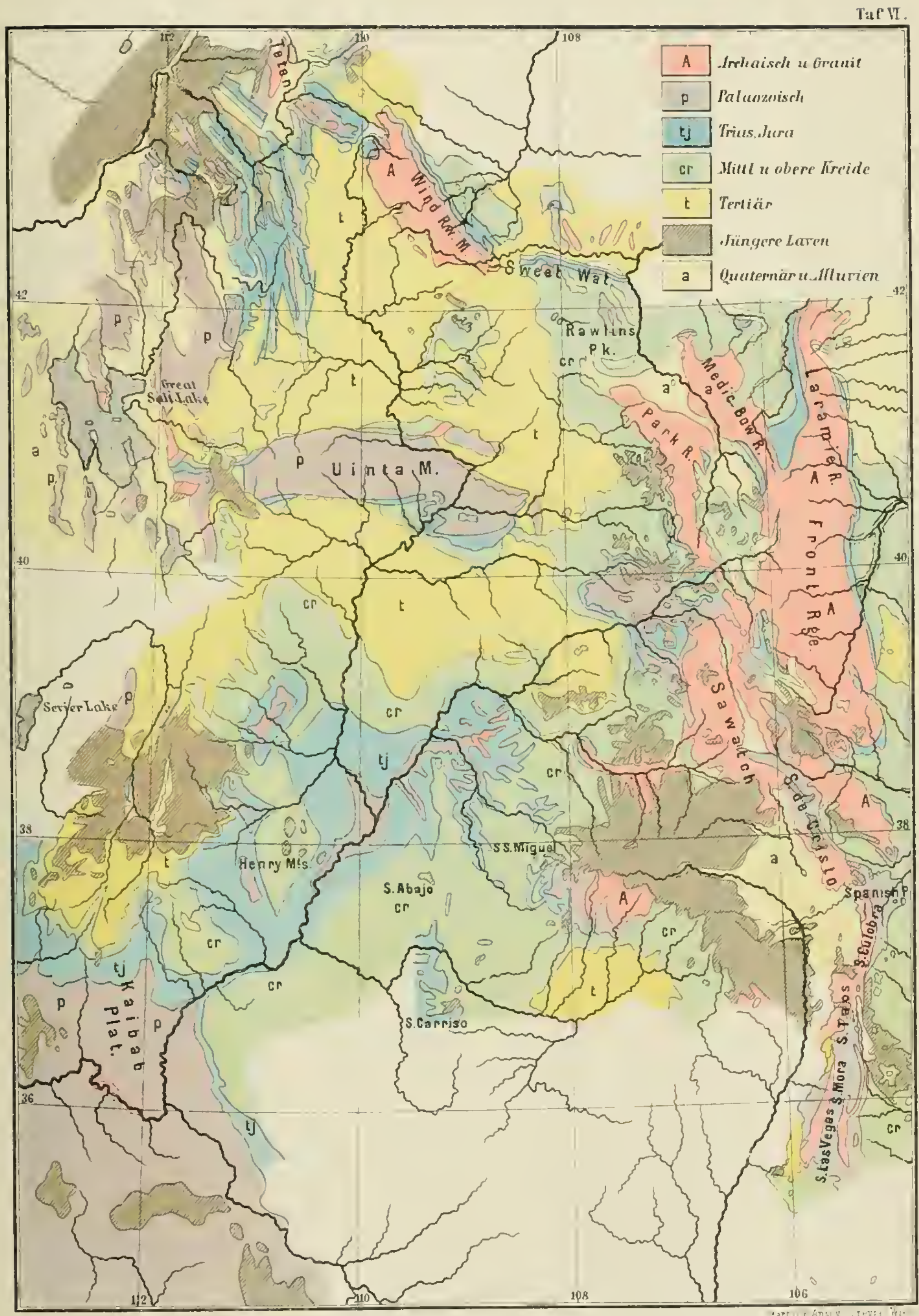
[13] Cleve, am ang. O. p. 22 u. folg.

[14] P. M. Duncan, On the foss. Corals of the W. Ind. Islands, Part I; Quart. Journ. geol. Soc. 1863, XIX, p. 408—410.

[15] Th. Wolf, Neu. Jahrb. f. Min. 1880, I, S. 268.

[16] D. Ind. Nuñez Zuloaga, Mem. descript. de la Isla de la Mona; Bolet. Soc. geogr. Madrid, 1879, VII, p. 226—238, Karte, u. Tejada, Reconocim. de la Isla de la Mona; eb. das. 1880, IX, p. 81—93.

[17] P. Salterain, Ligera Reseña de los Temblores di Tierra ocurr. en la Isla de Cuba; Bol. Com. Mapa Geol. 1883, X, p. 371—385. Die Erdbeben des östlichen Cuba sind es gewesen, welche Poey zu Betrachtungen über jenen Zusammenhang von Erdbeben und Cyclonen veranlasst haben, dessen Bedeutung hier bei Besprechung der Sintfluth erwähnt worden ist. A. Poey, Sur la force ascensionelle qu'exercent les ouragans à la surface du Sol, comme pouvant donner lieu à la production des tremblements de terre; in dess. Suppl. au Tableau chronol. des Tremblem. de Terre ress. à l'île de Cuba; aus d. Nouv. Ann. d. Voyages, 8° Paris, 1855, p. 10—21.



Die Virgation der Rocky Mountains

(Siehe Abschn. XI, Note 1)

EILFTER ABSCHNITT.

Nordamerika.[1]

Die Faltungen im Osten. — Prairieland und Black Hills. — Eintheilung der Gebirgszüge des Westens. — Rocky Mountains. — Uinta. — Wahsatch und Kettenzüge am Snake River. — Colorado-Plateau. — Das Hochland von Utah und der grosse Cañon des Colorado. — Basin Ranges. — Sierra Nevada. — Die Küsten-Cordilleren und Nieder-Californien. — Der canadische Westen. — Uebersicht.

Die Faltungen im Osten. Der Osten des nordamerikanischen Festlandes gibt von der Mündung des Lorenzostromes bis nach Alabama und Georgien Zeugniss von grossen Faltungen, welche zu verschiedenen Zeiten, doch zum grössten Theile innerhalb der paläozoischen Epoche, diesen beträchtlichen Theil der Erdoberfläche betroffen haben. Der Verlauf dieser Falten ist, abgesehen von Abweichungen, von welchen ich einige sofort zu erwähnen habe, im Allgemeinen von NO. gegen SW. gerichtet, und die tangentiale Kraft äusserte sich stets von dem atlantischen Ocean her gegen das heutige Festland. Grosse Verwerfungen sind nachgefolgt; insbesondere sind Längsbrüche, welche dem Streichen der Falten folgen, von ganz ausserordentlicher Länge und auf ihnen gewaltige Senkungen erkennbar. Der Betrag solcher Senkungen wird von den Geologen der pennsylvanischen Landesaufnahme, welche diese Störungen wegen ihrer Bedeutung für den Abbau der Kohlenflötze mit einem hohen Grade von Genauigkeit verfolgt haben, in einzelnen Fällen auf 20.000 Fuss und sogar noch weit höher geschätzt. Diese Senkungen beirren aber

im Grossen nicht das Bild eines ausgedehnten Faltenlandes für Pennsylvanien, Virginien, Theile von Tennessee und anderer benachbarter Staaten, welches schon vor langer Zeit von Henry Rogers richtig dargestellt, als ein einseitig bewegtes Stück der Erdrinde erkannt und dem Juragebirge in Europa verglichen worden ist. In der That erfüllt jede neue Benützung der Schriften dieses ausgezeichneten Forschers den Leser von Neuem mit Staunen darüber, dass derselbe schon in jener Zeit zu einer so richtigen Auffassung des Baues solcher Gebirgsstrecken zu gelangen im Stande war.[2]

Es sind zahlreiche Sättel und Mulden von grosser Länge vorhanden. Die felsitischen Gesteine, welche an der Ostküste von Nova Scotia als die Axen der Antiklinalen an den atlantischen Ocean treten, sind durch die Auflagerung von primordialen Schichten als archaische gekennzeichnet. Auf der Insel Scatari, welche den am weitesten gegen den Ocean vortretenden Theil von Cape Breton bildet, ist ihr Streichen nach Fletcher S. 82—88° O., bei Rochford an der SO.-Küste von Cape Breton N. 74° O., weiter im Süden, an derselben Küste in der Nähe von Cape Gabarus N. 46° O., als würde das allgemeine, nahe gegen SSW. oder SW. gerichtete Streichen der Faltensättel gegen diesen Theil des Ocean's hin einer mehr östlichen Richtung zustreben. Aber schon in diesen entfernten Theilen des grossen System's von Falten liegen Sedimente der Carbonzeit transgredirend auf den archaischen Faltensätteln, zum Beweise für das hohe Alter dieser Bewegungen.[3]

Unmittelbar in NW. von Scatari streichen an der Nordküste weitere Antiklinalen in der Richtung gegen NO. zum Meere aus, welche Richtung auch für den Umriss von Nova Scotia und Cape Breton massgebend ist.

Die Faltungen setzen sich nun über die ganze Breite von Neu-Braunschweig bis an den Ostrand des unteren Lorenzo fort, welcher durch ihren Verlauf vorgezeichnet ist, aber auf der Insel Anticosti ist die Faltung zu Ende; die Schichtung erscheint an dem Ufer auf meilenlange Strecken horizontal, und horizontale Schichten begrenzen zu beiden Seiten die Strasse Belle Isle zwischen Neu-Fundland und dem Festlande. Prince Edward-Insel besteht, wie sich bald zeigen wird, aus einer Scholle weit jüngerer

Gesteine, und die Strasse von Canso, welche Cape Breton von Nova Scotia abtrennt, ist eine Querfurche, welche gefaltete Gebirge quer durchschneidet, wie Matotschkin-Schar auf Nowaja-Semlä.[4]

Ein grosser Theil der Sättel und Mulden durch N. Braunschweig bis Gaspé ist durch die geologische Landesaufnahme von Canada in den letzten Jahren festgestellt worden; ich muss mich darauf beschränken zu sagen, dass ihr Streichen gegen SW. und SSW. gerichtet ist und sie sich fortsetzen nach Maine. Besondere Schwierigkeiten hat die Entzifferung der südlich von Quebec gelegenen Strecke geboten, aber die Arbeiten von Selwyn auf canadischem Gebiete und von Wing und Dana in Vermont und bis in die Gegend von Newyork hinab haben gezeigt, dass auf dieser langen Strecke die Structur des Landes ein fast genau von Nord gegen Süd gerichtetes Streichen verfolgt.[5]

Während aber diese meridionalen Structurlinien, welche theils Falten und theils Längsbrüche zu sein scheinen, östlich vom Champlain-See und vom Hudson-Flusse herabziehen, richtet sich schon von den Catskillbergen, NNW. von Newyork, eine Reihe von Falten gegen SSW., und NW. von Philadelphia, bei Pottsville und Harrisburg sieht man diese Falten in immer grösserer Entwicklung und in reicher Begleitung carbonischer Sedimente in grosser ∾förmiger Beugung aus SSW. und SW. in einzelnen Strecken erst in beinahe westliche Richtung übergehen und dann wieder die SW. Richtung annehmen, in welcher Richtung sie sofort die Alleghanyberge bilden und sich bis Alabama und Georgien fortsetzen. Diese Beugung des Streichens, welche sich in Pennsylvanien vollzieht, wird von den meisten Zuflüssen des Susquehanna quer durchschnitten, und hier führte H. Rogers seine Untersuchungen über die Entstehung der Gebirgsketten durch einseitige Faltung aus. Die neueren, unter Leslie's Leitung unternommenen Aufnahmen haben einen Schatz von Erfahrungen über die nähere Gestalt und den Verlauf der Falten, der Wechselflächen in den überschobenen Falten, der Längsbrüche und überhaupt aller Einzelheiten des Baues geliefert. In den südöstlichen Theilen, welche an der Innenseite des Faltensystem's liegen, ist die Kohle in Anthrazit verwandelt; in den äusseren Falten, wie in den flach-

gelagerten westlichen Gebieten ist sie fett. Bekanntlich zeigt sich eine ähnliche Erscheinung in Belgien.

Ohne von dem weiteren Verlaufe der Falten durch Virginien zu sprechen, will ich nach Eliott's Angaben einige Worte über ihr südliches Ende sagen, obwohl gerade hier noch manches Räthsel seiner Lösung zu harren scheint.[6]

Die Blue Range zieht als ein beträchtlicher Höhenzug gegen SW.; im Black Dome, westliches N. Carolina, erhebt sie sich zu 6700 Fuss, in Caesar's Head, an der NW. Grenze von S. Carolina, über 4000 Fuss und verflacht von Jasper gegen Cartersville, NW. von Atlanta, Georgien. Eine zweite Kette, Smoky Mountains, läuft im Westen der Blue Range nahe parallel, beugt sich jedoch an der Nordgrenze von Georgien gegen S.; sie bildet in Georgien noch eine Anzahl bemerkenswerther Höhen, wie Sharp Mountain, und die letzten Berge erheben sich zwischen Cartersville und Alatoona. In dieser Gegend vereinigen sich die Ausläufer beider Gebirgszüge und zwischen ihnen bleibt im nördlichen Georgien ein keilförmiger, höher gelegener Landstrich eingeschlossen. Diese Ketten bestehen aus Gneiss, aus primordialen und untersilurischen Ablagerungen. Der eingeschlossene Landstrich hat den Bau einer Synklinale. Der östliche Rand, Blue Range, ist monoklinal gebaut; seine Schichten neigen gegen West, während im Osten ein Absturz vorhanden ist, und da in dem tiefer liegenden östlichen Lande auch untersilurische Schichten zu Tage treten, hat es den Anschein, als sei Blue Range durch einen Bruch begrenzt und als sei das östliche Land um ein Beträchtliches abgesunken. Die Smoky Mountains im Westen des eingeschlossenen Hochlandes neigen ihre Schichten auch unter dasselbe, aber ihnen folgen gegen W. noch zahlreiche weitere Falten, an welchen jüngere Glieder der paläozoischen Serie theilnehmen, und welche nach Alabama fortstreichen, um dort unter der grossen cretacischen Transgression zu verschwinden.

Auf diesem weiten Faltungsgebiete des östlichen Amerika, welches insbesondere im Norden durch die übergreifende Lagerung einzelner Theile der paläozoischen Serie sich als das Ergebniss von Vorgängen erweist, welche bereits in der Silurzeit begonnen und durch sehr lange Zeit angedauert oder sich wiederholt haben,

liegen lange Streifen und Schollen von einem rothen oder grauen Sandstein von mesozoischem Alter, welcher wegen der Pflanzenreste, die er enthält, in der Regel der Trias zugezählt wird. Er ist auf dem grössten Theile seiner Erstreckung von Lagen und Gängen von Eruptivgestein begleitet. Er liegt auf Prince Edward-Insel, längs der Ufer der Bucht von Fundy, im Thale des Connecticut, durch Massachusetts bis in die Nähe des Meeres, in einem ausserordentlich langen Streifen vom unteren Hudson über N. Jersey, Maryland, Virginia bis N. Carolina, und an anderen vereinzelten Stellen. Die Schichten sind auf lange Strecken einseitig geneigt, aber gefaltete Lagen scheinen noch nicht bekannt zu sein.[7]

Das gefaltete Land des östlichen Nordamerika ist nach Westen hin nicht durch einen überfalteten Saum von einem fremden Vorlande getrennt, sondern das Vorland ist ein dem Gebirge gleichartiges, die Faltung nimmt gegen West allmälig ab, und Rogers meinte vor Jahren sogar, ihre äussersten Spuren würden sich bis an die Rocky Mountains nachweisen lassen. Vor den Falten der Alleghanies erhebt sich, vom Erie-See weit gegen SW. denselben parallel ziehend, ein selbständiger Faltensattel, der Cincinnati Uplift, in allen wesentlichen Zügen den Parma's des Ural vergleichbar. Er reicht vom Ufer des Erie bis nach Tennessee hinab und nach Safford liegt in demselben das Devon unmittelbar auf Untersilur. Weiter nach W. flacht die Faltung vollständig aus. In Michigan ist nur mehr geringe Neigung der Schichten zu der grossen Mulde bemerkbar, welche die See'n trennt, und die Kohlenfelder von Illinois und Missouri liegen flach; in Kansas tauchen sie westwärts bei sehr geringer Neigung unter permische Meeresbildungen.

Prairieland und Black Hills. Ein ausserordentlich weites, unwirthliches Gebiet ohne beträchtliche Höhen, ohne lange fortlaufende Rücken, dehnt sich, ohne ein geregeltes Flussnetz, bedeckt mit zahlreichen See'n von unregelmässigen Umrissen und alle Anzeichen einer weitgehenden Abrasion an sich tragend, vom Lake Superior gegen NW., N. und NO. aus, umfasst die Hudsons-Bay und findet seine Fortsetzung in dem arktischen Archipel. Es besteht aus archaischen Felsarten, welchen da und dort in flacher

Lagerung eine paläozoische Scholle aufruht. Bell hat grosse Theile desselben durchreist; die Darstellungen des Landes erinnern an die archaische Platte von Lappland.[8]

Gegen West wird diese ausserordentliche Masse alter Felsarten von einer cretacischen Transgression überdeckt, welcher alles ebene Land bis an den Fuss der Rocky Mountains und durch die ganze Mitte des Continentes bis hinab nach Texas zufällt, und welche noch weiter nach Mexico reicht. Diese Transgression beginnt, wie in so vielen anderen Gebieten, in der Mitte der Kreideformation. Die Namen der in dieser Ebene unterschiedenen Glieder der Kreideformation sind von unten nach oben: Dakota, Fort Benton, Niobrara, Fort Pierre, Fox Hill und Laramie. Die tiefste Abtheilung, Dakota, führt häufig Landpflanzen, Lignit und Reptilien, aber auch marine Lagen, und wird dem europäischen Cenoman von den meisten Autoren gleichgestellt; Fort Benton enthält auch an vielen Stellen Lignit und Reptilien. Niobrara, Fort Pierre und Fox Hill sind ausschliesslich oder doch sehr vorherrschend marin; Laramie ist häufig von Kohlenlagern, auch von Resten von Dinosauriern, aber auch von einer verarmten Meeresfauna begleitet, welche aus einer geringen Anzahl von Arten besteht, die zum Theile brackische Einflüsse zeigen; auch wahre Süsswasserbildungen sind vorhanden. Diese Stufe wird von einzelnen hervorragenden Forschern dem tiefsten Tertiär zugezählt; wegen ihrer Dinosaurier zählen wir sie zur Kreide.

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass auf dem gesammten nordamerikanischen Festlande mit Ausnahme weniger Küstenstriche und der Niederung am unteren Mississippi noch niemals eine Spur einer tertiären Meeresbedeckung angetroffen worden ist. Eine lange Reihe mannigfaltiger Tertiärablagerungen folgt, insbesondere westlich von den Rocky Mountains, über der Laramiestufe, aber sie sind ohne Ausnahme im süssen Wasser gebildet. Nicht weniger überraschend ist die ausserordentliche Ausbreitung der abgeschlossenen Gewässer von Laramie, denn man findet die Ablagerungen dieser Stufe im Norden am Saskatchewan und ebenso im Süden noch weit unter Santa Fé in Neu-Mexico am Rio Grande.[9]

J. Richardson, Selwyn, J. W. Dawson und G. M. Dawson geben Nachricht von der Beschaffenheit des cretacischen Flachlandes im Norden.

Die nördliche Umgrenzung des cretacischen Gebietes ist nicht sichergestellt. G. M. Dawson berichtet, dass von den oberen Zuläufen des Peace River die Rocky Mountains einen fast rein nördlichen Verlauf zu nehmen scheinen, so dass sie den Bug des Mackenzie unter der Einmündung des Liard treffen würden. Zugleich sind Spuren von devonischen und vielleicht silurischen Ablagerungen bekannt, welche vom Clearwater und Athabasca gegen NW. zu dem westlichen Ende des grossen Sklaven-See's ziehen. Hienach sei anzunehmen, dass die cretacischen Ablagerungen an dieser Stelle wesentlich eingeengt oder unterbrochen seien.[10] Es wird sich aber wohl niemals feststellen lassen, wie weit sie sich einstens über das abradirte Gebiet im Osten und Nordosten erstreckt haben.

Der See Winnipeg liegt noch ganz in den alten Felsarten, aber der Red River scheint kurz vor seiner Einmündung in diesen See eine bemerkenswerthe Grenze zu bilden, denn nach J. W. Dawson besteht die rechtseitige, östliche Umrandung seiner weiten, versumpften Niederung aus silurischem Kalkstein, während die westliche Umrandung aus cretacischen Schichten besteht, über welche man in zwei grossen Stufen zu der Ebene der Prairie'en ansteigt.[11]

Weiter im Süden, in Nebraska und Kansas, ruhen die Dakotaablagerungen flach auf den flachgelagerten permischen Schichten, welche von Osten her als die Decke der Carbonablagerungen mit kaum merkbarer Neigung unter dieselben hinabsinken. —

Aus der cretacischen Fläche tritt zwischen den beiden Armen des Cheyenneflusses ein fremdartiges orographisches Gebilde hervor, die Black Hills des westlichen Dakota. Der Bau derselben ist von seltener Regelmässigkeit. Ausserhalb der Mitte, gegen SO., befindet sich der höchste Theil, Harney's Peak, 7403 Fuss hoch, ein zerrissener und schroffer Stock von intrusivem Granit. Er ragt, umgeben von kleineren Intrusivmassen, aus einem hauptsächlich gegen NNW. gestreckten Gebiete von archaischem Glimmerschiefer und Thonschiefer hervor. Die archaischen Gesteine

sind aufgerichtet und abradirt; über denselben erscheint als eine rings umgürtende Zone der primordiale Potsdam-Sandstein, nur 2—300 Fuss stark. Unter- und Obersilur, sowie Devon fehlen ganz, und scheinbar concordant liegt auf dem Potsdam-Sandstein der Kohlenkalk. Er bildet eine neue concentrische Zone, schmal im Osten, breiter im Westen. Gegen Innen erhebt er sich sammt dem Sandstein als steiler Schichtenkopf über die weichen archaischen Schiefer, und gegen Aussen fällt er ringsum als Flexur ab; diese ist gegen Ost besonders steil. Newton und Jenney, deren Monographie der Black Hills diese Angaben entnommen sind, heben besonders hervor, dass die Höhe des Kohlenkalks ein breites Plateau mit weit weniger geneigten Schichten bildet, während der Schichtenfall ringsum an den Rändern bedeutend zunimmt; daher wird dieser Bau auch jenem des Kaibab-Plateau (S. 169) verglichen. Der längliche Raum, welchen der Saum des Kohlenkalkes umgibt, ist beiläufig 140 Kilom. lang und mehr als 60 Kilom. breit.[12]

Die grosse Ellipse von Kohlenkalk ist von einer Niederung von rothgefärbten, leichter zerstörbaren Gesteinen umgeben. Die erste Zone ist rother Sandstein mit Gyps, vielleicht der Trias zugehörig; die zweite besteht aus buntgefärbtem Sandstein und Schiefer mit Versteinerungen der oberen Juraformation, also eines marinen Gliedes, welches dem Osten des Continentes vollständig fehlt und hier, indem man sich den Rocky Mountains nähert, in der Tiefe sichtbar wird, gerade so wie in der indischen Salzkette die mesozoische Schichtreihe gegen das Gebirge hin sich vervollständigt.

Die rothe Niederung ist von den aufragenden Schichtköpfen der Kreideformation umgeben.

Die Axe der grossen Ellipse ist keine gerade Linie, sondern etwas gegen Ost convex; dies zeigen Spuren der Verlängerung gegen NW. und gegen S.; die ersteren sind von einzelnen Trachytvorkommnissen begleitet. Eine ähnliche Beugung vollzieht in derselben Breite der Saum der Rocky Mountains.

Die Tafel des Kohlenkalkes scheint mir zu flach, als dass man von einer einfachen Antiklinale, einer Parma der Rocky Mountains sprechen könnte. Es mag vielmehr dem Leser des Berichtes

auch hier der Eindruck bleiben, als sei die umliegende Ebene an den Flexuren abgesunken. —

Wir treten nun auf die gegen West allmälig ansteigende cretacische Ebene zurück und wenden uns dem Saume der Rocky Mountains zu. Eine kurze Uebersicht der grossen Gebirgszüge des Westens mag jedoch vorausgehen.

Eintheilung der Gebirgszüge des Westens. Das ausgedehnte Gebirgsland des Westens von N. Amerika ist gegen Ost durch den scharf gezeichneten Fuss der Rocky Mountains und gegen West durch das pacifische Meer begrenzt, welches letztere jedoch im californischen Meerbusen tief in das Gebirgsland vordringt und im Norden sogar beträchtliche Theile desselben, wie Vancouver und die Queen Charlotte-Inseln, abtrennt.

Der östliche Saum der Rocky Mountains ist im hohen Norden sehr wenig bekannt; wie bereits erwähnt worden ist, scheint derselbe vom oberen Mackenzie gegen die oberen Zuflüsse des Peace-River eine nahe meridionale Richtung zu verfolgen; hierauf zieht sich derselbe eine geraume Strecke weit gegen SSO.; im westlichen Montana, nachdem der Missouri das Gebirge verlassen hat, nimmt er die Richtung gegen SO. an, die Big Horn Mountains umfassend, und zwischen dem 44. und 43.° nördl. Br. wendet er sich im südlichen Wyoming wieder gerade gegen Süd. Dieser meridionalen Richtung folgt derselbe beiläufig im 105. Meridian durch ganz Colorado, und in 35° 30′ erlischt die Kette in N. Mexico zwischen dem 105. und 106.° westl. Länge, nachdem ihre südlichsten Theile sich um ein Geringes gegen SSW. gewendet haben.

Jüngere vulcanische Felsarten nehmen Antheil an der Zusammensetzung dieser Gebirge; sie sind nicht nur in jedem der bedeutenderen Theile desselben sichtbar, sondern sie treten ostwärts auch stellenweise über den Fuss der Rocky Mountains hinaus. In Oregon und Washington nehmen sie besonders grosse Flächen ein.

Es lassen sich innerhalb des Gebietes der Vereinigten Staaten drei Scheidelinien festhalten, welche alles Gebirgsland in vier mehr oder minder selbständige Regionen trennen.

Die erste dieser Linien zieht vom westlichen Bruchrande des Wahsatchgebirges, also vom Ostrande des grossen Salzsee's, ein

wenig gegen SSW. abgelenkt, gegen das Ende des Cañon des Colorado. Die zweite Linie bildet der schroffe Ostrand der californischen Sierra Nevada. Die dritte Linie ist das californische Längenthal, welches vom Sacramento und vom S. Joaquin durchströmt wird, und der californische Busen.

Die erste Region umfasst die Rocky Mountains, das querstreichende Uintagebirge, das Wahsatchgebirge und zwischen diesen Ketten zwei grosse Tafeln, nämlich jene des Green River N. vom Uintagebirge, und das grosse Coloradoplateau S. von demselben.

Die zweite Region ist jene der Basin Ranges. Zahlreiche kürzere, nahezu im Meridian verlaufende Faltungen, in spitzen Winkeln von sehr mächtigen Brüchen durchschnitten, kennzeichnen dieses Gebiet. Es begreift die zahlreichen kleineren, abflusslosen Gebiete des Westens in sich, reicht jedoch, allerdings mit etwas geändertem Streichen, nach Nord wie nach Süd weit über dieselben hinaus.

Die dritte Region ist die Sierra Nevada mit ihren westlichen Vorbergen.

Die vierte Region bilden die californischen Coast Ranges mit Nieder-Californien, und hier werden wir alle wesentlichen Merkmale der Küsten-Cordilleren Südamerika's wieder antreffen. —

Man mag gegen diese von ausgezeichneten amerikanischen Forschern vorgeschlagene Eintheilung einwenden, dass das Wahsatchgebirge im Wesentlichen bereits den Bau der Basin Ranges besitze und daher diesen zuzuzählen sei, aber es ist wohl der Wunsch, die gesammte Umrahmung der Tafeln des Green River und des Colorado zusammenzufassen, die Ursache der oben erwähnten und auch in dem Nachfolgenden beibehaltenen Eintheilung gewesen.

Rocky Mountains. In dem gesammten O. vom grossen Salzsee liegenden Gebiete weicht die Schichtfolge nur in einzelnen Zügen von jener des Ostens und namentlich der Black Hills ab. Die primordialen Sedimente sind an mehreren Orten bekannt. Die über denselben folgenden silurischen Ablagerungen sind allerdings nach den bisherigen Erfahrungen nur durch einzelne Glieder ver-

treten. Noch spärlicher sind die Anzeichen der Devonformation, welche sogar auf weite Strecken hin mit ziemlicher Sicherheit als fehlend anzunehmen ist. Die Ablagerungen der Carbonzeit sind dagegen in grosser Mächtigkeit vorhanden, und es sind insbesondere marine Aequivalente der höheren flötzführenden Gruppe des Ostens sehr entwickelt; auch Uebergänge mit permischen Kennzeichen fehlen nicht.

Die Triasformation ist durch rothen Sandstein und Gyps vertreten, doch schaltet sich in dem NW. Theile dieses Gebietes dem unteren Theile der Trias eine fossilführende marine Gruppe ein, welche im südöstlichen Idaho einige tausend Fuss mächtig wird. Dies sind die ‚Meekoceras-Beds'; ihre Fauna erinnert an einzelne Glieder der alpinen Trias, doch finden sich in derselben auch Arten, welche bisher für jurassisch gehalten worden waren.[13]

Die Juraformation entspricht jener der Black Hills; es ist bisher nur dieses einzige, offenbar oberjurassische Glied bekannt. Die Aehnlichkeit desselben mit dem russischen Jura wird an anderer Stelle zu besprechen sein.

Die Kreideformation erlangt grosse Bedeutung, aber die Glieder derselben sind zu beiden Seiten der Rocky Mountains im Wesentlichen dieselben, mit Dakota beginnend und mit Laramie abschliessend. Auch innerhalb des Gebirges ist die gesammte Tertiärzeit nur durch Süsswasserbildungen vertreten. Mehrere Abtheilungen derselben sind durch die reichen Landfaunen, welche sie enthalten, unterscheidbar, und das Erscheinen von Coryphodon zeigt, dass die Süsswasserbildungen schon in den älteren Abschnitten des Eocän beginnen.

Es besteht daher zwischen den Rocky Mountains und dem Osten nicht eine solche Verschiedenheit wie zwischen den Alpen oder dem Himalaya und ihrem Vorlande. Zu der Schichtfolge des Ostens ist im Ganzen nur von den Black Hills an ein Glied der Juraformation hinzugetreten und im NW. gesellt sich hiezu noch ein marines Glied der Trias. Allerdings erfolgt aber die Einschaltung dieser beiden marinen Glieder gerade in jener selben Lücke zwischen Perm und Cenoman, in welcher auch in den Alpen und dem Himalaya die wichtigste Einschaltung von marinen Gliedern eintritt, welche dem Vorlande fremd sind.

Zunächst will ich nun versuchen, an der Hand von Hayden's Karte von Colorado und der zahlreichen über diesen Gegenstand vorliegenden Berichte den Verlauf der Rocky Mountains innerhalb der Vereinigten Staaten zu besprechen.[14]

Von Osten her über das Prairieland gegen das Gebirge reisend, erhebt man sich ganz allmälig auf den cretacischen Schichten zu der beträchtlichen Höhe von etwa 5000 Fuss (Denver, 5197 Fuss). Nun beugen sich die bisher flachgelagerten Schichten der Ebene plötzlich steil nach aufwärts, in langen ‚Hogbacks‘ ragen die Schichtenköpfe hervor und aus ihnen erhebt sich sofort die mächtige Front Range von Colorado, welche in zahlreichen Gipfeln mehr als 14.000 Fuss Seehöhe erreicht. Archaische Felsarten bilden diese hohen Massen; die steil gestellten Schichtenköpfe an ihrem Fusse enthüllen eine Schichtfolge, welche in den Hauptzügen dieselbe ist wie jene der Black Hills, und es ist nichts vorhanden, was an die vorgelagerte Molasse-, Flysch- oder Kalkzone der Alpen erinnern würde. Dieser Mangel einer vermittelnden Vorlage überrascht jeden europäischen Geologen.[15]

Die Kette besteht aus einer grösseren Anzahl aneinandergereihter einzelner Stöcke oder grosser Rücken von alten Felsarten, welche auf den ersten Blick an die sogenannten Centralmassen der Alpen oder an die Gebirgskerne des Riesengebirges erinnern. Die Art ihrer Reihung ist aber verschieden von der Anordnung in europäischen Gebirgen (Taf. VI.).

Schon im äussersten Süden zeigt uns Stevenson die fremdartige Structur der Ketten.[16]

Die grossen Flächen des Llano Estacado strecken sich aus Texas gegen Neu-Mexico, und so wie aus der Tafel des Ust-Urt selbständig von einander die gegen NW. streichenden Aeste des Tian-schan und an anderer Stelle die meridional verlaufenden Mugodjaren hervortreten, so tauchen auch hier aus dem Tafellande nordwestliche Ketten und meridionale Ketten hervor. Sie treten bei Galisteo in 35° 25′ sehr nahe aneinander, ohne sich zu berühren. Die äusserste der NW. Ketten ist Placer Mounts, SW. von Galisteo; sie gehört einer anderen Gruppe von Höhenzügen an, welche erst später zu besprechen ist. An dieser Stelle rechnen wir nur die meridionalen Züge zu den Rocky Mountains.

Es sind hier im Süden drei gegen N. oder NNO. streichende Hauptzüge vorhanden, welche alle in 35° 30′ beginnen. Der erste Zug, von Westen her, ist die Sierra von Santa Fé; der zweite, welcher der längste ist, trägt die Namen S. de las Vegas, S. Mora, S. Taos und S. Culebra, welche letztere sich in Colorado mit der grossen S. Sangre de Cristo vereinigt; der dritte Zug endlich, S. Cimarron, ist weit kürzer und zum nicht geringen Theile unter den jüngeren Laven begraben, welche im Osten hervortreten. Die beiden ersten dieser Züge steigen bald zu 12.000 Fuss auf; etwas weiter im Norden erreicht Culebra Peak 14.049 Fuss.

Diese Höhen bestehen aus Gneiss, Hornblendeschiefer und anderen archaischen Felsarten, welchen carbonische Ablagerungen auflagern, mit einem mächtigen Conglomerate aus archaischen Blöcken beginnend; dem Carbon folgt die in den Rocky Mountains allgemein sichtbare Serie von mesozoischen Schichten bis über Laramie, endlich bei Galisteo eine fremdartige tertiäre Scholle.

S. de Santa Fé ist im südlichen Theile gegen Ost von einer Verwerfung begleitet und diese setzt sich südwärts eine Strecke weit über das Ende des archaischen Zuges hinaus fort; las Vegas dagegen setzt sich südwärts in der Gestalt eines Faltensattels fort.

Gegen Osten sind die Ketten von trachytischen Ergüssen und insbesondere von ausgedehnten basaltischen Tafeln begleitet, welche sich über die vorliegende Ebene ausbreiten. Während die Laramieschichten noch an den Bewegungen des Gebirges theilnehmen, sind diese vulcanischen Bildungen von weit geringerem Alter. Es sind sogar wohlerhaltene Aschenkegel vorhanden; ein Krater liegt auf der basaltischen Ocate-Mesa und ein zweiter an der SO. Seite von Turkey Mounts; aus diesem ist ein Lavastrom in den bereits ausgehöhlten Cañon des Mora River geflossen.

Weiter gegen Nord, wo die kurze S. Cimarron verschwunden ist und die hohe S. Culebra an den äusseren Rand tritt, ist ihr östlicher Fuss von einer langen Felsenmauer, dem ‚Stone Wall‘ begleitet. Es ist der Schichtenkopf des steil aufragenden Dakota-Sandstein's. Eine Strecke weit sind seine Schichten widersinnig gegen West geneigt, dann stellen sie sich senkrecht, endlich fallen sie mit mässigem Winkel ostwärts unter die Ebene.

Noch weiter gegen Nord, etwa in 37° 20′, tritt der Schichtenkopf des Dakota ostwärts zurück, die Zone des Carbon wird breiter, und vor dem Rande der Rocky Mountains erheben sich zwei mächtige Berge, die Spanish Peaks (13.620 und 12.720 Fuss), vor Zeiten die Grenzmarken der spanischen Herrschaft. Dies sind die beiden grossen Laccolithen, welche an früherer Stelle bereits besprochen worden sind (S. 197).[17]

Hier, wo S. Culebra gegen NNW. zur S. Sangre de Cristo zieht, beginnt jene ganz eigenartige Anordnung der archaischen Ketten, welche die Rocky Mountains auszeichnet. Tafel VI gibt von derselben ein allerdings nur sehr unvollständiges Bild. Es sind auf derselben die in der Tiefe des Colorado Cañon, dann W. von Sawatch Range und in der Nähe der Quellen des Rio Grande, sowie westlich von diesem Flusse unter den vulcanischen Decken durch Erosion zu Tage tretenden, tiefliegenden archaischen Vorkommnisse zu trennen von jenen, welche die hohen Ketten bilden.

Aus den vereinigten Bemühungen von Hayden, Cl. King, Hagen, Marvine, Stevenson und anderer Forscher ergibt sich Folgendes.[18]

Jeder einzelne Zug archaischer Massen streicht von S. gegen N. mit dem Bestreben, gegen NNW. oder NW. abzuweichen. Dabei sind diese einzelnen Züge oder Aeste in solcher Weise nebeneinandergereiht, dass sie gegen West in Virgation auseinandertreten, während gegen Ost die nahezu geradlinige, von Nord gegen Süd gerichtete, gemeinsame Aussenlinie des Gebirges erzeugt wird.

Der erste Ast zieht vom Süden, von S. las Vegas her, durch Culebra und Sangre di Cristo zu der ausgedehnten Masse des Sawatch. Die westliche Hälfte von Sangre de Cristo ist eingestürzt; die breite, von Schwemmland bedeckte Ebene von S. Luis breitet sich an dieser Stelle aus, und W. von dieser liegt das vulcanische Gebiet der S. Juan-Berge. Nahe dem NW. Rande des Sawatch befinden sich die völlig in der Richtung gegen SW. überschobenen Elk Mountains, deren Bau bereits besprochen worden ist (S. 214).

Den zweiten Ast bilden die Wet Mountains, welche sich O. von Sangre de Cristo erheben, dann South Park und Park Range.

Es scheint die vereinzelte Antiklinale von Rawlins Peak zwischen diesem und dem nächstfolgenden Aste zu stehen.

Auf dem langen Streifen paläozoischer Ablagerungen, welcher diesen Ast von dem vorhergehenden trennt, ist in Leadville ausgedehnter Bergbau auf Bleiglanz in Betrieb, und die von Emmons ausgeführten Aufnahmen zeigen, dass derselbe von grossen Längsbrüchen mit westlichem Absinken durchsetzt ist. Am Mosquitobruche in Leadville sinkt das Gebirge gegen Westen, d. i. gegen die Sawatchkette um 5000 Fuss ab, an dem folgenden London Fault 2500 Fuss, an dem Western Fault eben so viel; südlich von Leadville gehen diese Brüche in Flexuren über.[19]

Der dritte Ast der Rocky Mountains besteht aus der breiten und hohen Front- oder Colorado-Range und Medicine-Bow-Range.

Den vierten Ast bildet die flache, weniger hohe und gerade nach N. streichende Wölbung der Laramieberge. —

Der Ostrand dieser hohen Gebirge tritt, wie wir früher sagten, sehr unvermittelt aus dem Flachlande hervor und die Schichtenköpfe der Sedimente der Ebene sind an ihrem Fusse steil nach aufwärts gewendet, wie der Steinwall im Osten der Culebra. Eine nähere Betrachtung dieses Ostrandes zeigt nun, dass die südlichen Enden der einzelnen Aeste nicht vollständig aneinanderschliessen, und so entsteht eine Anzahl von einspringenden Winkeln in diesem Ostrande, welche sämmtlich gegen NW. gerichtet sind und von welchen jeder die Stelle des Anschaarens eines neuen Astes bezeichnet. Die aufgerichteten Schichtenköpfe namentlich der Kreideformation schwenken dann in diese einspringenden Winkel ein, und Marvine hat gezeigt, dass dabei an jedem Aste des Gebirges die Neigung der Schichten an der Westseite steiler ist als an der Ostseite, ja dass die Westseite öfters in eine Verwerfung übergeht.

Ein grosses Beispiel dieser einspringenden Winkel ist Huerfano-Park zwischen Sangre di Cristo und Wet Mountains, also zwischen dem ersten und zweiten Aste. Ein zweites Beispiel ist die Einbuchtung von Cañon City, aus welcher der Arkansasfluss hervorkommt, zwischen Wet Mountains und Front Range. Nördlich von Denver sind noch mehrere solche Winkel vorhanden, welche das Ausstreichen untergeordneter Glieder der Front Range bezeichnen. —

Gegen NW. findet dieser Theil der Rocky Mountains in den Seminole-, Sweetwater- und Wind-River-Bergen seine Fortsetzung, bis in 43° 30′ die ebenfalls gegen NW. streichende Gros-Ventre-Range sich der mächtigen Tétonkette nähert, welche von Süd gegen Nord verläuft.

In den genannten Bergen sieht man nach Endlich's Bericht die folgende Anordnung. Ein langer, muldenförmig zusammengedrückter Streifen von paläozoischen und mesozoischen Schichten zieht gegen NW.; die archaische Seminole-Masse liegt nördlich, die archaische Sweetwater-Masse dagegen südlich von demselben, und da noch kleinere archaische Vorkommnisse als die Fortsetzung der beiden grösseren Massen vorhanden sind, möchte wohl die Vermuthung gestattet sein, dass zwei archaische Aeste vorhanden sind, welche die sedimentäre Zone trennt. Das weit mächtigere Wind-River-Gebirge, welches sich in mehreren Spitzen über 13.000 Fuss erhebt (Frémont's Peak 13.790 Fuss), besteht aus einer grossen archaischen Kette, welche in ihrem südlichen Theile äusserst steil gegen Ost abfällt; sie ist die Fortsetzung von Sweetwater und nur ihr östlicher Abhang ist von einer sedimentären Zone begleitet.[20] —

Der an vielen Stellen über 13.000 Fuss hohe Sattel des Uintagebirges ist nach den genauen Darstellungen Powell's auf dem breiten Scheitel sehr flach und endet gegen Nord an einem grossen Hauptbruche, welcher streckenweise in eine steile Flexur übergeht und gegen West in zwei Störungslinien gespalten ist. An der Südseite des Uinta ist das Absinken durch eine grössere Anzahl von Brüchen und Flexuren vermittelt, welche annähernd demselben, ein wenig bogenförmigen Streichen folgen, und welche näher zu betrachten sein werden.[21]

Der Sattel besteht vorherrschend aus Schichten von carbonischem Alter, welche hier eine beträchtliche Mächtigkeit erreichen; an dem nördlichen Abhange, welcher weit steiler ist als der südliche, wird an einer Stelle ein älterer krystallinischer Schiefer sichtbar;[22] eine Einsenkung innerhalb des Nordrandes, Brown's Park, welche das O-wi-yu-kuts-Plateau abtrennt, scheint von einem Einsturze herzurühren. Powell schätzt den Betrag der Dislocation an dem Nordrande auf 20.000 Fuss. Die südliche Abdachung ist

flacher und das Yampa-Plateau fügt sich als ein untergeordneter Sattel dem SO. Rande an.

Oestlich von dem grossen Sattel des Uinta ragen zwei vereinzelte paläozoische Massen, Yampa Peak und Junction Peak, hervor, welche durch Querverwerfungen abgeschnittene Stücke eines gemeinschaftlichen Sattels zu sein scheinen, und welche die Fortsetzung des Uinta zu dem Sawatch anzeigen.

Eine grosse Flexur, Midland Flexure, mit südlichem und südwestlichem Absinken, zieht von dem südlichen Fusse des Uinta und des vorgelagerten Yampa-Plateau im Bogen zu dem Fusse der Fortsetzung des Sawatch hinüber, und sie vervollständigt die Verbindung mit diesem Aste der Rocky Mountains. So fügt sich Uinta an die grosse Virgation und wird man zu der von White geäusserten Meinung geführt, dass Uinta und die genannten Theile der Rocky Mountains als die Wirkung einheitlicher und ineinandergreifender Dislocationen zu betrachten sind, welche eine gemeinsame Geschichte besitzen.[23]

Die Art der Virgation ist allerdings von jener der bisher betrachteten Virgationen wesentlich verschieden. In den wenigen Fällen, in welchen überhaupt seitliche Bewegung wahrnehmbar ist, wie an den Elk Mountains, liegt sie an der concaven Seite und ist nach Innen gerichtet, wie in dem Senkungsfelde der Südalpen. Die in der Regel einfache und auf einen schmalen Saum beschränkte Aufrichtung der Schichten am Rande der grossen Ebene gleicht weit mehr der Schleppung an einem Bruche, welche streckenweise eingeknickt sein mag, als einer allgemeinen tangentialen Bewegung. Ihr Gegensatz zu den grossen Faltungen der Appalachien ist unzweifelhaft und allgemein anerkannt. Die in gefalteten Gebirgszügen gesammelten Erfahrungen lassen sich daher schwer zur Anwendung bringen.

In Nordamerika sind mehrere Meinungen über die Bildung der Rocky Mountains geäussert worden. Zuerst hielt man sie für Faltenzüge. Dann meinte man in ihnen ein uraltes Uferland zu erkennen und berief sich darauf, dass in verschiedenen Theilen des Aussenrandes verschiedene Sedimente an das archaische Gebirge treten, und dass namentlich die paläozoische Schichtreihe auf längere Strecken ganz oder zum grossen Theile verschwinde. Endlich hat

man sie als breite ‚Platforms' erklärt, welche erhoben wurden zwischen je zwei Brüchen oder Flexuren. Die letztere Ansicht ist namentlich von Dutton, einem der scharfsinnigsten Beurtheiler des Gebirgsbaues, vertreten worden. ‚Die Breite dieser Platforms,' sagt derselbe, ‚schwankt zwischen 20 und 45 Miles. Die Erhebung dieser Platforms hat keine einer antiklinalen Faltung entsprechende Bedeutung. Sie findet Ausdruck durch die Vorstellung eines Blockes von Schichten, welcher von einer Verwerfung oder einer gleichwerthigen monoklinalen Flexur an jeder Seite begleitet ist.... In den Uintabergen sieht man eine Wiederholung des Typus der Park Mountains in grossem Maassstabe. Es ist ein Block, etwas breiter als Colorado-Range, aber sonst zeigt der Bau keine wesentliche Abänderung.'[24]

Man hat gemeint, es müssten diese Massen oder Blöcke vertical nach aufwärts geschoben worden sein; ich werde zu dieser Frage zurückkehren. —

Gegen West nimmt die Höhe des Uintagebirges ab; der Scheitel des Sattels, welcher im Osten nordwärts lag, rückt gegen die Mitte des Gebirgszuges; es schliessen allmälig die Schichtenköpfe des Nordrandes und des Südrandes im Bogen aneinander, als würde die ganze Wölbung verflachen, und wo sich auf der Höhe von Norden und von Süden her der Bogen der Juraformation schliesst, legt sich ein Zug von Trachyt quer darüber und verhüllt den weiteren Verlauf. Das ist der Trachyt von Provo Valley.[25] —

Wir gelangen nun an ein wesentlich verschiedenes Hochgebirge, den Wahsatch, welcher mit westlichem Abbruche die Ostseite des grossen Salzsee's und des Utahsee's begleitet.

Dem Baue nach unterscheiden sich im Wahsatch drei verschiedene Gebirgsstöcke; der erste bildet den nördlichen Wahsatch, etwa bis Salt Lake City herabreichend; der zweite Theil ist die Gruppe des Lone Peak N. vom Utahsee, sammt den zunächst südlich folgenden Höhen; der dritte, abweichend gebaute Theil ist Mount Nebo.

Der nördliche Wahsatch besteht aus einem vielfach gestörten Mantel von paläozoischen Schichten, welcher gegen NO., O. und SO. abfällt und unter welchem an der Bruchlinie auf grössere

Strecken hin Gneiss und andere archaische Felsarten sichtbar werden. Diese alten Felsarten bilden auch die vorliegenden Inseln im grossen Salzsee. Die zweite Gruppe ist durch die über 11.000 Fuss hohe Granitmasse des Lone Peak ausgezeichnet, welche von archaischen und paläozoischen Schichten umgeben und mit dem nördlichen Wahsatch gegen West abgebrochen ist. Südwärts setzen sich die paläozoischen Schichten längs des Utahsee's fort, einen Zug von über 11.000 Fuss hohen Gipfeln bildend, und der Bruch zerfällt dort in zwei parallele Brüche. Oestlich von Lone Peak ragt noch ein zweiter hoher Granitstock, Clayton Peak, aus carbonischen Schichten auf. Der dritte Theil des Wahsatch endlich, Mount Nebo, ist eine Antiklinale, von welcher, im Gegensatze zum nördlichen Wahsatch und zur Gruppe des Lone Peak, nicht die westliche, sondern die östliche Hälfte abgebrochen und in die Tiefe gesunken ist, so dass die steile Seite gegen O. gewendet ist.[26]

Der Granitstock des Lone Peak ist der Ausgangspunkt wichtiger Erörterungen geworden. Ursprünglich wurde derselbe als ein eruptiver Stock betrachtet und als ein jüngerer eruptiver Granit wurde auch die Felsart von Zirkel beschrieben.[27] Die Art und Weise aber, in welcher an der steilen Granitfläche die einzelnen Glieder der paläozoischen Reihe abstossen, hat Clar. King, welchem die Erforschung dieses Gebirges wesentlich zu verdanken ist, zu der Ansicht geführt, dass dieser Granitstock der Ueberrest eines uralten, vorpaläozoischen Festlandes oder einer Insel sei, und diese Anschauung hat auf alle Vorstellungen von der Entstehung dieser Hochgebirge Einfluss gewonnen. Nach Geikie, welcher die Stelle besucht hat, ist aber Lone Peak wirklich als ein jüngerer, jedenfalls postcarbonischer Eruptivstock anzusehen, und Whitney schliesst sich dieser Meinung an.[28] Geikie beruft sich auf den Mangel an granitischen Bruchstücken oder Geröllen in den angeblich angelagerten Sedimenten und vor Allem auf die Umwandlung des Kalkstein's in weissen Marmor und die zahlreichen in der Umgebung des Granitstockes auftretenden Gänge von Granit-Porphyr. Die Aura von Vorkommnissen von Edelmetall, welche die zweite Granitmasse, Clayton Peak, umgibt, unterstützt ebenfalls diese letztere Meinung, und Professor Reyer theilt mir

mit, dass er in diesem Revier am Contact Vesuvian getroffen hat; Lone Peak und Clayton Peak am Salzsee würden dann eine ähnliche Bedeutung haben wie Adamello oder Predazzo. —

An den N. Wahsatch schliesst sich gegen NO. zuerst eine weite paläozoische Synklinale, welche Cache Valley bildet, und dieser folgt eine dicht gedrängte Reihe von mesozoischen Ketten, welche bis an den Téton reichen und welche auf Taf. VI nur in sehr unvollständiger Weise verzeichnet werden konnten. Diese bemerkenswerthen Züge wurden von St. John und Peale beschrieben.[79] Es sind Faltenzüge, und zwar wahre Antiklinalen und Synklinalen, durchschnitten von einzelnen Längsbrüchen. Jede dieser Falten beginnt mit meridionalem Streichen aus S. gegen N., beugt sich gegen NW. und verschwindet dann unter der weiten basaltischen Decke des Snake River. Diese sedimentären Faltenzüge vollziehen also genau dieselbe Beugung wie die grossen, in Virgation stehenden Aeste der Rocky Mountains, und der nördlichste derselben, Snake River Range, fügt sich S. vom Téton an die SW. Seite von Gros Ventre Range, welche wir früher in Verbindung mit Wind-River Range kennen gelernt haben.

In der gegen NW. streichenden Caribou-Range, welche dem Snake River zunächst gegen SW. folgt, zeigt sich nun wirklich eine überschobene Falte, wie solche aus tangentialer Bewegung hervorzugehen pflegen; die Bewegung ist wie in den sonst so verschiedenen Elk Mountains gegen SW. gerichtet.

Colorado-Plateau und die Hochplateaux von Utah. Das Colorado-Plateau ist im Osten von den Rocky Mountains, im Norden vom Uinta begrenzt; im Westen schliesst sich unmittelbar an dasselbe jenes merkwürdige zerbrochene Hochland von Utah, dessen Bruchnetz bereits besprochen worden ist. Dieses Hochland ist gegen West durch grosse Brüche begrenzt, an dem Hurricane-Fault (S. 169, Fig. 13) beträgt die Dislocation oberhalb des Virgen-River nach Dutton wohl 12.000 Fuss; gegen Süden nimmt ihre Mächtigkeit ab; es stellt sich dafür W. von derselben die Grand Wash Fault ein, welche an der Mündung des grossen Cañon den Coloradofluss kreuzt und dort von einer Verwerfung von über 5000 Fuss begleitet ist.

Die westwärts blickende Klippe dieser Verwerfung beugt sich S. vom Colorado gegen SO. zu den Aubrey-Cliffs, und weiterhin kann man als die südliche Grenze des zu besprechenden Gebietes jene ausgedehnten Lavafelder ansehen, welche von der Mimbreskette bis zu den Mogollonbergen die Grenzgebiete zwischen Arizona und Neu-Mexico bedecken und einen Ast von Ausläufern gegen NNO. zum M. Taylor, jenseits Fort Wingate, einen zweiten aber gegen NW. weit über Mogollon und die 13.000 Fuss erreichende Vulcangruppe S. Francisco in der Richtung gegen das Ende des grossen Cañon entsenden.

In diesem Gebiete vereinigt der Colorado seine Wässer und sinkt sein Bett tiefer und tiefer in die flachgelagerten Bänke der geschichteten, zum überwiegenden Theile carbonischen Gesteine, bis er südlich vom Kaibab-Plateau etwa 6000 Fuss tief unter der Oberfläche des Tafellandes das grossartigste Erosionsthal der Erde durchströmt. Der grosse Cañon endet an der Grand Wash-Verwerfung, da jenseits derselben alles Land um mehrere tausend Fuss tiefer liegt.

Marcou, Newberry, Powell, vor Allem die trefflichen Untersuchungen von Gilbert haben dieses Land kennen gelehrt; für die Hochplateaux im Westen und den Cañon treten hinzu die beiden inhaltsreichen Monographien, mit welchen Dutton die geologische Literatur bereichert hat.[30]

Das Tafelland des Colorado und die benachbarten Hochflächen von Utah sind durch ausserordentliche Trockenheit ausgezeichnet; auf weite Strecken hin fehlt jede Humusdecke und ist nur der ärmlichste oder so gut wie kein Pflanzenwuchs vorhanden. Es ist nach den übereinstimmenden Schilderungen ein so tiefer Einblick in den Bau des Landes gestattet, wie kaum an einer anderen Stelle der Erdoberfläche. In der Tiefe des grossen Cañon erscheinen archaische und silurische Ablagerungen in geneigter Stellung; sie sind auf eine meilenlange Strecke zu einer regelmässigen Fläche abradirt; flach und übergreifend liegen auf dieser Fläche die mächtigen Ablagerungen der carbonischen Zeit und von da an folgen alle Sedimente in Concordanz über einander bis zu den lacustren Bildungen der Tertiärzeit. Es sind Lücken in der Serie vorhanden, aber es ist über der Basis des Carbon keine

Discordanz mehr zu sehen. Im Wesentlichen gleicht die Serie jener, welche wir bisher im Westen getroffen haben. Die Kreideablagerungen reichen von den Hochtafeln von Utah über die Moquis Pueblos und Port Defiance nach Texas und Dutton vermuthet sogar, dass sie zwischen dem 34. und 37.° nördl. Br. sich vom atlantischen bis zum pacifischen Ocean ausbreiten. —

Unter Berufung auf dasjenige, was soeben in Betreff der Ansichten der bedeutendsten amerikanischen Geologen über die Bildung der Rocky Mountains gesagt worden ist, will ich es nun versuchen, die Berichte über die Structur dieses höchst lehrreichen Landstriches und die dort gesammelten Erfahrungen zu vergleichen mit jenen Anschauungen, welche in Europa bei der Erforschung des Baues jener Gebirge herangewachsen sind, welche, nach meiner Meinung, in Bezug auf ihren Bau den wichtigsten Theilen des Colorado-Plateau und seiner Umrandung zunächst stehen.

Zu diesem Ende kehre ich zuerst nochmals zum Norden und Nordosten, zu dem Baue des Uinta zurück.

Der Rücken des Uinta erhebt sich zu 10—11.000, an der höchsten Stelle zu 13.694 Fuss. Der Green River durchschneidet ihn. Wo der Fluss von Norden her in das Gebirge tritt, liegt der Fuss des Abhanges nicht ganz 6000 Fuss hoch, und wo er das Gebirge verlässt, ist die Höhe etwas über 5000 Fuss. Der Rücken besteht aus carbonischen Schichten; würde man aber von Norden und von Süden her die aufgebogenen Ränder der Schichtfolge von seinem Fusse über den Rücken wölben, so würde seine Seehöhe nach Powell's Schätzung beiläufig 30.000 Fuss betragen. Nichtsdestoweniger erklärt Powell mehrere wichtige Dislocationen, wie auf dem Yampa-Plateau und in Brown's Peak, ausdrücklich für wahre Senkungen.[31]

Die Frage aber, ob diese Berge gehoben wurden, oder ob die Umgebung gesenkt wurde, ist die entscheidende.

Wir suchen zuerst nochmals White's Bericht über die Beziehungen von Uinta zu den Rocky Mountains auf.[32]

Zwischen Uinta und dem Ende des Sawatch erheben sich die beiden verbindenden paläozoischen Massen Junction Peak und Yampa Peak. Das östliche Ende des Uinta ist von einem Walle aufgerichteter Schichtenköpfe umgeben, doch legen sich die

Schichten in geringer Entfernung wieder flach; ein zweiter solcher Wall aufgerichteter Schichten umgibt Junction Peak und ein dritter Yampa Peak. Diese Bergmassen sind wie Uinta von carbonischem Alter, die aufgerichteten Ränder sind mesozoisch. Junction Peak ist beiläufig 20 Kilom. lang und 6·5 Kilom. breit; der Betrag der Dislocation vom Scheitel zum Rande wird auf 8000 Fuss geschätzt; Yampa Peak ist etwas kleiner, die Dislocation aber vielleicht etwas grösser. White vergleicht sie mit Bolzen, welche durch Eisenblech geschlagen werden und den Rand des Bleches aufziehen, ohne jedoch damit eine bestimmte Meinung darüber aussprechen zu wollen, ob wirklich die Dislocation nach aufwärts oder nach abwärts stattgefunden habe.

Südlich von diesen Bergen laufen mehrere Dislocationen in einer die Verbindung zwischen Uinta und Sawatch andeutenden Richtung hin und insbesondere die grosse bereits erwähnte Midland Flexure ist es, welche den südlichen Rand des grossen Uinta-Plateau's umgibt, dann um die südliche Vorlage, das Yampa-Plateau, herumzieht, in grossem, ununterbrochenem Bogen den White River kreuzt, unter dem Namen Great Hogback Flexure an der Westseite der Vorberge des Sawatch hinläuft und endlich an die eingeknickte Südwestseite der grossen Ueberschiebung der Elk Mountains gelangt (S. 214, Fig. 12).

Diese Flexur, welche vom südlichen Rande des Uinta bis zu den Elk Mountains über 300 Kilom. misst, umfasst also mit ihrem grossen Bogen den ganzen NO. Theil des Colorado-Plateau; ihre Schichten neigen sich durchwegs gegen S., SW. oder W., nämlich vom Gebirge gegen das tiefer liegende Land, und sie ist fast auf ihrer ganzen Erstreckung von Hogbacks, d. i. von den in langen Kanten aufragenden Schichtenköpfen begleitet.

Nach dem an früherer Stelle (S. 164 u. folg.) über die Bewegungen der äusseren Theile unseres Planeten Gesagten bin ich aber nicht im Stande, diese Flexur für irgend etwas Anderes als für das Zeichen der Senkung des ganzen gegen S., SW. und W. liegenden weiten Landstriches anzusehen. Demnach wäre die Ueberschiebung der Elk Mountains in die Reihe jener in der Richtung der Senkung erfolgten Ueberschiebungen zu stellen, von welchen mehrere Beispiele aus Europa angeführt worden sind.

Die Kränze aufgerichteter Schichtenköpfe, welche Union Peak, Yampa Peak und auch jeden der grösseren Gebirgskörper in geschlossenen Linien nach allen Seiten umgeben, lassen aber eine andere Erklärung auch nicht zu; sie sind auch Ränder von Flexuren. Die Berge selbst sind dann den Horsten in Europa anzureihen, dem Schwarzwalde, dem Morvan, der Cima d'Asta u. And. Die aufgerichteten Hogbacks sind dann nur durch die Schleppung an dem Bruche erzeugt, und ich würde keinen Anstand nehmen, die lange Midland-Flexur einer peripherischen Linie gleichzustellen in dem an früherer Stelle dargelegten Sinne. An die Stelle von White's Vergleich mit dem Bolzen, welcher durch eine Blechtafel getrieben wird, möchte ich aber einen andern setzen. An dem Rande eines Teiches ist ein Pflock geschlagen; er befindet sich unter der Oberfläche des Wassers. Das Wasser bedeckt sich mit einer Eisrinde; der Wasserstand sinkt; die Eisdecke bricht nach und der Pflock wird sichtbar. Grosse Ebenen mögen gesenkt sein; sobald ihre Unterlage weicht, folgen sie der Schwerkraft. Wir kennen aber keine Kraft, welche vereinzelte Bergmassen neben einander und selbständig von einander zur Höhe bewegen könnte.

Der Umstand, dass hiemit vorausgesetzt wird, das ganze Land habe sich einmal 30.000 Fuss über dem heutigen Meeresspiegel befunden, ist allerdings befremdend, kann aber nicht entscheidend sein. Wer auf die europäischen Horste ihre einstige Schichtfolge häufen will, wie etwa die sedimentäre Serie der Südalpen auf die Cima d'Asta, mag ebenfalls zu ausserordentlichen Ziffern gelangen.

Zur Vervollständigung des Gesagten aber und wegen der Bedeutung für gewisse Erscheinungen in der Vertheilung der Flussläufe will ich noch die folgenden scharfsinnigen Bemerkungen von Emmons beifügen.[33]

Green River tritt aus dem tertiären Lande von Norden her quer in die Masse des Uinta und verfolgt in geschlängeltem Laufe mitten in harten Quarzitfelsen ein Bett, welches stellenweise bis zu 3000 Fuss tief eingehöhlt ist. Nachdem der Red Cañon durchströmt ist, erreicht der Fluss das flache Land in dem Einsturzgebiete von Brown's Park; er folgt demselben nicht, sondern tritt

neuerdings in das Gebirge und durchquert in dem Cañon of Lodore auch den südlichen Theil des Uinta. Emmons zeigt nun, dass die Uferlinien der späteren tertiären See'n an der Nordseite des Uinta bis zur Höhe von 10.000 Fuss zu verfolgen sind. So wie Uinta vom Green River, wird der vereinzelte Junction Peak von dem Yampa River in einem tiefen Cañon durchschnitten und derselbe Fluss durchschneidet auch den nördlichen Theil von Yampa Peak. Es muss sofort auffallen, warum die Flüsse nicht die tertiären Niederungen vorziehen. Aber auch auf Yampa Peak liegen horizontale Tertiärschichten. Der Lauf des Green River über den Uinta wurde schon vorgezeichnet zur Zeit des hohen Standes der tertiären See'n, und dieser Fluss muss dereinst in einer Seehöhe von mehr als 9000 Fuss geflossen sein; ebenso, sagt Emmons, ist es klar, dass der Flusslauf quer über Junction Peak und Yampa Peak gewählt wurde, als diese harten Felsmassen noch unter tertiären Schichten begraben lagen. —

Erst jetzt treten wir von den Vorbergen des Uinta herab in das tiefer liegende Land und sehen dasselbe umgürtet von einer langen Reihe fortlaufender Mauern. Jede der Hauptgruppen des geschichteten Gebirges legt sich in geringer Entfernung von den Flexuren flach, breitet sich so gegen das tiefere Land aus und endet in einer langen mauerförmigen Klippe. Diese Klippen sind nicht durch Bruch erzeugt, sondern durch eine eigenthümliche Art der Abrasion. Die Schichtenköpfe werden angegriffen und zerstört; sie weichen weiter und weiter zurück, und so entsteht ein grosses Stufenland, durch lange hinlaufende mauerförmige Absätze in ähnlicher Weise ausgezeichnet, wie die östliche Sahara. Die tiefsten Schichten liegen in der Nähe des Colorado. Auf 10.000 Fuss schlägt Dutton das mittlere Maass der Mächtigkeit des abgetragenen und entfernten Gestein's.

Aus diesem Flachlande erheben sich im Süden die Laccolithenberge der Sierra S. Miguel, Sierra Carriso, S. Abajo und weiter gegen West die Henry Mountains (S. 197); nähert man sich aber gegen West dem Rande dieses tieferen Gebietes, so stösst man zuerst auf eine ovale, abradirte Kuppel, im Kleinen nicht ganz unähnlich den vor den Rocky Mountains sich erhebenden Black Mountains von Dakota. Sie liegt an der ersten, zu höherem

Lande führenden Flexur, der Waterpocket-Flexure (15, Fig. 13, S. 169).

Diese Flexur bezeichnet den Beginn der Hochtafeln von Utah, deren südlicher Theil von dem grossen Cañon durchschnitten ist. Die Geologen, welche dieses Land bereist haben, stellen dasselbe in Bezug auf die unvergleichliche Grossartigkeit der landschaftlichen Bilder, die Klarheit und Einfachheit der Structur, die bunte Färbung der Gesteine, welche das Gemälde mit ungewohnten Tönen füllt, als ein Land der Wunder dar; sicher ist es, dass es nicht zu viele Landstriche gibt, über welche so meisterhafte Berichte vorliegen. Und gerade die Trefflichkeit dieser Berichte, welche dem Leser die einfachen Grundzüge des Baues so deutlich vor die Augen führen, mag es einigermassen entschuldigen, wenn hier aus diesen Angaben andere Schlussfolgerungen gezogen werden, ohne dass es mir gegönnt war, dieses Land selbst zu betreten. Auch Dutton erklärt, wie die meisten seiner Vorgänger, in seinen letzten Schriften die einzelnen Blöcke zwischen den Brüchen, wie den Horst des Kaibab (zwischen 6 und 7, 8, Fig. 13) als heraufgehoben zwischen Brüchen; ich halte dagegen den heutigen Zustand für die Folge ungleichen Absinkens zur Tiefe.

Wie diese grossen Dislocationslinien vom Wahsatch und Nebo ausgehen, ist bereits gesagt worden (S. 170); Dutton hebt hervor, dass die Linien alle mehr oder minder gegen West convex sind, dass viele Anzeichen, wie namentlich die Beschaffenheit gewisser mesozoischer Sedimente hierauf hinweisen, dass im Westen, wo heute die Basin Ranges sich befinden, in W. Utah und Theilen von Nevada ein mesozoisches Festland sich befunden habe, und dass diese Störungslinien im Grossen dem Rande dieses Festlandes entsprechen. Dabei haben dieselben aber zugleich einen Verlauf, welcher so sehr jenem der Midland- und der Great Hogback-Flexur am Fusse des Uinta und der Rocky-Mountains entspricht, dass es wohl gestattet sein mag, die Gesammtheit dieser Flexuren rings um das Colorado-Plateau vom grossen Cañon bis zu den Elk Mountains als ein System peripherischer Dislocationslinien zu bezeichnen, in demselben Sinne, in welchem etwa von einer peripherischen Linie des tyrrhenischen Meeres gesprochen worden ist. Die Horste, wie Kaibab, mögen eingeklemmte Keile sein.

In Bezug auf das Verhalten der einzelnen Hochtafeln und Brüche zu einander berufe ich mich auf die Besprechung im ersten Abschnitte; es ist auch erwähnt worden, wie am Virgen River die Hurricane Fault (2, Fig. 13) grosse Höhe des Verwurfes erreicht, und wie südwärts gegen den Cañon diese Höhe in demselben Maasse abnimmt, in welchem der Verwurf der Grand Wash Fault (1, Fig. 13) zunimmt, eine in den Senkungsbrüchen der Südalpen von Mojsisovics ebenfalls angetroffene Erscheinung. Eine Zone kleinerer Schollen zwischen zwei Hauptlinien, also die Zertrümmerung im Graben, ist S. 173, Fig. 14 dargestellt worden.

Die Brüche sind nicht von gleichem Alter, doch sind an einzelnen von ihnen zu verschiedener Zeit Bewegungen eingetreten. East Kaibab dürfte nach Dutton's Angaben zu den älteren gehören.

Die Beobachtungen über die Art und Weise, wie Toroweap (3, Fig. 13) den grossen Cañon kreuzt, sind sehr lehrreich.

In dieser Gegend besteht der grosse Cañon aus zwei Stockwerken. Die obere Schlucht, 8—9 Kilom. breit, ist von etwa 2000 Fuss tiefen Abstürzen begleitet; an ihrem Fusse stellt sich eine Fläche ein, von Dutton die ‚Esplanade' genannt, und in die Esplanade ist die zweite Schlucht, der innere Cañon, geschnitten; diese ist 3000 Fuss tief und von Kante zu Kante nur 3500 bis 4000 Fuss breit. Es sind auf der Höhe der vom grossen Cañon durchfurchten Tafel zahlreiche basaltische Eruptionen sichtbar; alte Decken sind vorhanden und weit mehr als hundert weit jüngere grosse und kleine Aschenkegel. Solche Kegel sind aber nicht nur auf der Tafel vorhanden, sondern einzelne sitzen auch im Cañon auf der Esplanade und da und dort ist die schlackige, schwarze Masse eines jungen Basaltstromes über die Zinnen der grossen Felsmauern in den inneren Abgrund gepoltert.[34]

Die Eruptionskegel sitzen ohne sichtbare Regel in längeren oder kürzeren Reihen auf den paläozoischen Platten; sie befinden sich nur ganz ausnahmsweise auf einer der grossen Dislocationslinien. Eine solche Ausnahme macht der 580 Fuss hohe Aschenkegel, welchen Dutton ‚Vulcan's Thron' nennt; er steht an der Kante der Esplanade gegen den inneren Cañon, gerade dort, wo die Toroweap-Dislocation quer durchstreicht. Der Verwurf von Toroweap beträgt 6—700 Fuss gegen West; so viel verliert auch

die grosse Schlucht plötzlich an Tiefe, da das ganze Land um ebensoviel an Höhe verliert. Von der Dislocation sagt Dutton: ‚Alles sieht so rein und scharf aus, als wäre es mit einer dünnen Säge geschnitten und als wären dann die glatten Flächen nett aneinandergedrückt.‘ [35] Eben so scharf durchschneidet sie auch einige Basaltströme auf der Esplanade. Die Aufeinanderfolge der Ereignisse ist unverkennbar. So schreibt die Natur ihre Chronologie, und man hat vollen Grund die Beobachter zu beneiden, welche berufen sind, diese Geschichte in der Urschrift zu lesen.

Die Art aber, in welcher die Basalte in engen, im Cañon oft auf grosse Höhen blossgelegten Spalten aufgestiegen sind, und ohne an den Wänden zu erkalten, hoch oben ihre Aschenkegel aufgeschüttet und ihre Laven ergossen haben, zahlreiche zerstreute Kratere bildend, ist nicht ganz den normalen Ausbrüchen des Aetna oder der Liparen zu vergleichen. Sie erinnert zu sehr an die Injection eines grossen anatomischen Präparates und an die im Angesichte ähnlicher Vorkommnisse schon oft ausgesprochene Meinung, dass das Absinken grosser Gebirgstheile an sich eine solche Injection hervorbringe oder doch wesentlich befördere.[36]

Dies setzt aber voraus, dass die grossen Blöcke wirklich gesunken seien, nicht dass die Horste durch eine unbekannte Kraft gehoben wurden. Dass aber die Dislocationen von den Beobachtern im Wesentlichen als Hebungen aufgefasst worden sind, erklärt sich in diesem Falle aus den weiteren Folgerungen. Kaibab Plateau, aus carbonischen Ablagerungen bestehend, erreicht die Seehöhe von 9300 Fuss; die ganze Mächtigkeit des mesozoischen und vielleicht noch des ältesten Theiles der Tertiärformation darauf gehäuft, führt zu Ziffern, welche nicht gar zu viel hinter jenen zurückbleiben dürften, welche Powell für den ergänzten Uinta erhielt. Dann, so scheint es wenigstens, verschwindet jeder Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Dinge gegen Süd und Ost und der Wasserspiegel steht hoch über allen heutigen Gebirgen. Aehnliche Fragen werden an einer späteren Stelle zu besprechen sein und ich hoffe in der That zeigen zu können, dass manche allgemein verbreitete Anschauungen über die Lage des Meeresspiegels in früheren Zeiten eine Berichtigung erheischen; hier aber mag erwähnt sein, dass es verschiedene zulässige Annahmen

gibt, — wie z. B. die Vorstellung von einer durch tangentialen Druck herbeigeführten Wölbung von grosser Amplitude, einem sehr breiten Abstau, der sich mit entlasteten Laven füllt, nach Dutton's Ausdruck einer Macula (S. 220), deren Kuppel dann in Schollen ungleichförmig zusammensinkt, — dass es aber nicht möglich ist, über zwei Thatsachen hinwegzugehen, erstens: dass in anderen Gebieten an ganz ähnlichen Brüchen und Flexuren grosse Flächen lediglich unter dem Einflusse der Schwere zur Tiefe gesunken sind, und zweitens: dass durchaus keine Kraft bekannt ist, welche im Stande wäre, zahlreiche grosse und kleine Gebirgsstöcke einzeln und zwischen glatten Flächen vertical emporzutragen und im Gegensatze zur Schwerkraft dauernd in dieser Stellung festzuhalten.

Basin Ranges. Dieses Gebiet ist von dem vorhergehenden sehr verschieden. Es ist gegen Ost begrenzt durch den Bruch des Wahsatch am grossen Salzsee und gegen Westen durch den östlichen Abhang der Sierra Nevada. Auf diesem 6—700 Kilom. breiten Gebiete erheben sich zahlreiche, zumeist kürzere, mehr oder minder meridionale und auf eine sonderbare Weise vereinzelte Gebirgszüge aus einer flachen Wüste. Ihre Abhänge sind weit hinauf vom eigenen Schuttlande bedeckt, wie das der Mangel eines Abflusses zum Meere für einen grossen Theil der Region mit sich bringt. Salzwüste oder öde Steppe breiten sich zwischen diesen Ketten aus, deren Erforschung ein glänzendes Zeugniss für die Hingebung und die Ausdauer unserer Fachgenossen in Amerika gibt.

Der südliche Theil der Basin Ranges besteht, so weit er heute bekannt ist, aus archaischen und aus versteinerungsarmen paläozoischen Felsarten. Weit mannigfaltiger gestaltet sich das Bild im Norden, wo das Streichen nahezu meridional ist; ich folge den Darstellungen von Clar. King, Hague und Emmons.[37]

‚Die geologische Provinz des Great Basin,' sagt King, ‚hat zwei verschiedene Typen dynamischer Thätigkeit erfahren, eine, in welcher der hauptsächliche Factor offenbar tangentiale Pression war, welche sich ausdrückt in Contraction und Faltung, vermuthlich in postjurassischer Zeit, die andere von streng verticaler

Thätigkeit, vermuthlich innerhalb der Tertiärzeit, in welcher es nur wenige Spuren von tangentialem Drucke gibt.'[38]

Bisher sahen wir im Gebiete des Colorado zusammenbrechendes Tafelland; nun gelangen wir in zusammengebrochenes Faltengebirge. Schon zeigte sich jedoch früher von Wahsatch über den Bärensee gegen Téton eine Gruppe wahrer Faltenzüge, welche unter den Basaltdecken des Snake-River verschwanden, und Wahsatch selbst hat eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den jetzt zu besprechenden Ketten. In dem Great Basin äusserte sich die faltende Kraft besonders mächtig gegen den Westrand hin, wo sie auch, wie sich bald zeigen wird, die ganze Sierra Nevada gestaltet hat. Einzelne Faltenzüge, welche sich heute noch durch mehr als 150 Kilom. verfolgen lassen, waren gegen West convex. Die Verwerfungen, von welchen die Falten durchschnitten sind, streichen nach verschiedenen Himmelsrichtungen, doch scheint die Mehrzahl sich dem Meridian zu nähern; sie treffen die Falten unter den verschiedensten Winkeln. So sind jene schroffen und isolirten Kettenfragmente entstanden, welche mit heute mehr oder minder meridionalem Streichen diesen breiten Raum einnehmen; der Verlauf der scharf gebrochenen Ränder würde noch auffallender sein, wenn nicht grosse Massen von eruptiven Felsarten, namentlich von Rhyolith, die orographische Reinheit dieser Formen beirren und verhüllen würden. Die nähere Betrachtung lässt in einem solchen Höhenzuge ein Stück einer Antiklinale, in einem anderen einen monoklinalen Kamm mit grossen vulcanischen Ergüssen, oder zwei schräg geschnittene Sättel mit der Synklinale u. s. w. erkennen; es ist eben ein mächtiges gefaltetes Gebirge vollständig zerhackt, in Scherben zerbrochen und zur Tiefe gesunken. In einzelnen Fällen sind Horizontal-Verschiebungen an Brüchen erfolgt; so ist in West Humboldt-Range die Antiklinale von einem Querbruche durchschnitten und die südliche Hälfte gegen SO. etwa um 8 Kilom. verschoben.[39] Die beiden grossen Hauptbrüche aber, welche die Basin Ranges gegen Ost und West begrenzen, werden als ‚Linien der Schwäche' aufgefasst, an welchen wiederholte Bewegungen eingetreten sein dürften, wie denn auch an jeder derselben noch in spätester Zeit ein grosser Binnensee, und zwar am Westfusse des Wahsatch Gilbert's Lake Bonneville und am Ost-

fusse der Sierra Nevada King's Lake Lahontan sich sammelten, deren letzte Reste im Osten der grosse Salzsee, Utah und Sevier Lake, im Westen die Wasserflächen zwischen Pyramid, Carson und Walker's Lake sind. Ihre Terrassen umgürten in regelmässigen Linien die Abhänge der zerbrochenen Ketten, welche damals als langgestreckte Inseln aus den beiden See'n in ähnlicher Weise hervorragten, wie heute Antilope und Stansbury Island aus dem grossen Salzsee sich erheben.

Um tausend Fuss liegt nach Gilbert die höchste Uferlinie des Bonneville-See's über dem Spiegel des heutigen grossen Salzsee's; in 600 Fuss befindet sich eine zweite, besonders deutliche, die Provo-Linie; untergeordnete Linien liegen dazwischen und darunter; der Ausfluss erfolgte nordwärts durch Cache-Valley, und die starke Abstufung der Provo-Linie entspricht der Höhe eines Felsriffes an dem Ausflusse, welches durch längere Zeit der Austiefung widerstand, als die minder festen auflagernden Gesteine. In der Tiefe des alten See's stehen basaltische Aschenkegel, bald von den Terrassen des See's umgürtet, bald jünger als diese. Gilbert zeigt aber auch, dass die Strandlinien heute nicht parallel und nicht horizontal sind. Sie liegen an dem Wahsatchbruche am tiefsten, erheben sich von da gegen die Mitte des See's am N. Ufer um ein Beträchtliches, bis zu etwa 100 Fuss, an dem südlichen Ufer noch weit mehr. Diese höchsten Punkte befinden sich im Norden an dem 113., im Süden zwischen dem 113. und 114. Meridian.[40]

Darüber hinaus gegen West liegt erst eine einzige Messung vor und diese deutet auf einen Abfall; durch die Fortsetzung dieser lehrreichen Arbeit gegen West werden wir lernen, ob sich in der Axe des alten See's zwischen Mer. 113 und 114 eine neue Antiklinale bildet, oder ob an dem Wahsatchbruche der westliche Flügel in einseitiger Senkung begriffen ist. —

Die Vertheilung der Sedimente innerhalb der Basin Ranges ist nicht weniger merkwürdig als ihr Bau. Die letzte Meeresbildung der östlichen Gebirge, die Kreideformation, überschreitet in dieser Breite nicht die Bruchlinie des Wahsatch. Von den tieferen mesozoischen Bildungen, den Vertretern von Jura und Trias, gilt fast dasselbe; sie sind jenseits dieser Linie eine weite Strecke hin durch nur wenige Schollen vertreten. Die paläozoische

Reihe, welche am Ostrande der Rocky Mountains von geringer Mächtigkeit ist, aber durch Uinta zum Wahsatch um viele Tausende von Fussen an Mächtigkeit zunimmt, bildet zusammen mit archaischen Felsarten und jungen Laven die ganze östliche Hälfte der Basin Ranges. Jenseits des 117. Meridian's ändert sich ihre Zusammensetzung vollständig. Noch in den Toyabe und Shoshone Ranges und den Battle Mountains, etwa bis 117° 15', zeigen die Karten Glieder des oberen Carbon in der Nähe von Granit und archaischem Gestein entweder einzeln aus der Ebene oder aus rhyolitischer Umfluthung aufragend. Schon in den nächsten Ketten gegen West, in Desatoya und Havallah Range, ist die Sachlage ganz und gar verschieden; die ganze paläozoische Serie ist verschwunden, und unmittelbar auf Granit liegen mächtige Ablagerungen mit Arcestes, Trachyceras, Cassianella, Daonella und anderen für die marine Entwicklung der Triasformation in den Ostalpen bezeichnenden Formen. So befindet sich etwas W. von der Mitte der Basin Ranges eine wichtige Scheidungslinie für die Vertheilung der Formationen; W. von 117° 15' sind bis an das pacifische Meer hinaus, mit Ausnahme eines Zuges von carbonischem Kalkstein im nördlichen Theile der Sierra Nevada, Ablagerungen der paläozoischen Zeit unbekannt.[41]

Die Grenze der paläozoischen Ablagerungen in den Basin Ranges geht von den eben genannten Vorkommnissen in Battle Mountain, Toyabe und Shoshone Ranges südwärts mit einer geringen Ablenkung gegen West, so dass sie sich südlich von Owen's Lake dem Rande der Sierra Nevada nähert und dort die ganze Breite der Basin Ranges dem paläozoischen Gebiete zufällt.

Die Triasbildungen und eine Reihe sie begleitender jurassischer Kalksteine und Schiefer finden ihre grösste Entwicklung in den Havallah, Pah-Ute und West-Humboldt-Ketten; in Eugene Mountains und Montezuma Range erreichen die jurassischen Bildungen noch eine grosse Bedeutung; dann folgt, etwa vom 119. Meridian, eine fast ausschliesslich granitische Region mit geringer Entwicklung jurassischer Schiefer, bis in der Sierra Nevada die Zusammensetzung der Havallah Range und der ähnlichen Ketten sich wiederholt. —

Bevor ich an die Besprechung der Sierra Nevada gehe, mögen noch wenige Worte über die Fortsetzungen der Basin Ranges nach Mexico eingeschaltet werden.

Die Beschaffenheit dieser Fortsetzungen ist in mancher Beziehung abweichend. Der Kohlenkalk tritt in bedeutender Mächtigkeit längs der Sierra Madre auf. Quarzit und Conglomeratlagen, welche Kohle und eine farnreiche Flora enthalten, in manchen Merkmalen an eine Flora erinnernd, welche Newberry in der Nähe der Moquis Pueblos auf dem Colorado-Plateau unter Kreideschichten entdeckt hat, werden von Rémond als Vertreter der Trias angesehen. Jurabildungen sind zweifelhaft. Dagegen tritt die Kreideformation von Texas mit Amm. pedernalis und vielen bezeichnenden Arten bis nach Arivechi, auf die Westseite der Sierra Madre herüber. Die jüngeren Eruptivgesteine scheinen zwischen den Ketten und neben denselben eine ähnliche Bedeutung in Sonora zu besitzen wie in den Vereinigten Staaten.[42]

Jene Ketten, welche weiter im Osten im westlichen Texas zwischen dem Rio Grande und Rio Pécos herabstreichen, wie los Organos, Hueco, S. Sacramento und Guadelupe, sind als die Fortsetzung von Zügen anzusehen, welche, wie die Zunikette, im Süden des Colorado auftauchen, und jener, welche bereits S. von Galisteo erwähnt worden sind. Jenney hat sie untersucht; sie bestehen aus paläozoischen Ablagerungen, welche auf Granit ruhen, und die cenomanen Ablagerungen des Llano estacado sind auch hier am Rio Grande sichtbar.[43]

Ostwärts folgt nun das weite Gebiet des mittleren Texas, dessen flach gelagerte cretacische und paläozoische Schichten F. Roemer bereits vor langer Zeit bekannt gemacht hat.[44]

Sierra Nevada. Die Sierra Nevada ist ein gewaltiges, durch mehr als sechs Breitegrade einheitlich von NNW. gegen SSO. sich erstreckendes Gebirgsstück, welches sich in zwanzig Gipfeln über 14.000 Fuss hoch erhebt. Es fällt steil gegen Ost zu dem abflusslosen Gebiete ab, welches die Grenze gegen die Basin Ranges bezeichnet, aber obwohl dieser Abfall weithin über 6000 Fuss beträgt, ist er wegen der Höhe des Sockels, auf welchem die Basin Ranges stehen, lange nicht so bedeutend wie der west-

liche Abhang, welcher in die Thäler des Sacramento und Joaquin, also in seiner Mitte bis auf eine geringe Höhe über dem Meere sich herabsenkt. Die Erforschung dieses grossen Gebirges ist Whitney's unvergängliches Verdienst.[45]

Im Süden ist die Kette hoch, weniger breit, gegen Ost sehr steil und fast ganz aus Granit aufgebaut; jurassische Schiefer nehmen einen schmalen Saum an der Westseite ein. Weiter gegen Nord, über Mono Lake hinaus, treten grössere Massen von vulcanischen Gesteinen an der Ostseite auf; die Grenze mit den benachbarten, hier granitischen Basin Ranges wird hiedurch weniger auffallend; weiter im Norden tritt sie wieder deutlich hervor. Es ist ein ungeheurer Bruch, welcher dieses ganze Stück der Erdrinde gegen Osten abschneidet.

Die jurassischen Schiefer der Westseite nehmen nordwärts gegen die Grenze von Mariposa rasch an Breite zu und bilden nördlich vom American River fast den ganzen Abhang, nur Inseln von Granit sichtbar lassend; gegen Pyramid Lake greifen sie sogar auf die Ostseite über. Im Norden sind diese Schiefer an einer Stelle, in Genesee Valley, Plumas, von alpiner Trias, an mehreren Stellen von einer Zone von Kohlenkalk begleitet; endlich verschwinden sie unter den weiten Decken von jüngeren Laven, welche den nördlichsten Theil von Californien und ein grosses Gebiet im südlichen Oregon und darüber hinaus bedecken.

Diese jurassischen Schiefer sind sehr arm an Versteinerungen, enthalten Einlagerungen von Diabas-Tuff und umschliessen in Begleitung von Serpentin den 120 Kilom. langen goldführenden Quarzgang, welcher unter dem Namen Mother Lode bekannt geworden ist. Sie sind das hauptsächliche goldführende Gestein Californien's. Sie sind steil aufgerichtet, und in den meisten Fällen, im Süden durchwegs, gegen NO., also widersinnig geneigt.

In den ‚Foothills', am westlichen Fusse der Sierra, tritt noch eine zweite Granitzone zu Tage, und hier legt sich an die ganze Länge des Gebirges, so weit nicht durch Denudation Unterbrechung eingetreten ist, eine Zone von horizontalen Meeresablagerungen, welche der Kreide- und Miocänzeit angehören. Obwohl die Kreideablagerungen von Norden her nur bis Folsom bekannt zu sein scheinen, geht hieraus hervor, dass die wesentlichste Auf-

richtung der jurassischen Schiefer wahrscheinlich von vor-cenomanem Alter ist. Die Vertreter des Neocom und Gault sind in den Foothills nicht bekannt.

Die Elemente, aus welchen die hohe Sierra gebildet ist, sind, wie sich zeigt, dieselben, welche in der Nähe des 117. Meridian's in den Basin Ranges getroffen werden. So mag man dieses Hochgebirge selbst den Basin Ranges zuzählen und als den äusseren Rand des ganzen Aufbaues ansehen.

Die ausserordentlichen Dimensionen der Scholle, die steile Neigung der Schiefer gegen NO., unter den Kamm des Gebirges, der Umstand, dass der Granit nicht nur am Fusse und am Kamme, sondern auch in Inseln innerhalb der Schiefer hervortritt, sind sehr bemerkenswerth, und man begreift die Zurückhaltung, mit welcher im Angesichte dieser Erfahrungen selbst nach so langen und ernsten Forschungen sich Whitney in Bezug auf die Bildung der Sierra ausspricht, nur zur Erklärung der ausserordentlichen Mächtigkeit die Zurückfaltung der Schiefer auf sich selbst als wahrscheinlich andeutend.[46]

Diese Verhältnisse erinnern an den Nordrand der Finsteraarhorn-Masse. Das widersinnige Einfallen sehr mächtiger Schichtencomplexe an dem Aussenrande grösserer Gebirgstheile ist in den Alpen eine weit verbreitete Erscheinung. In Westamerika scheint sie viel seltener zu sein, und es mag das mit dem Umstande in Zusammenhang stehen, dass weitgehende Ueberschiebung hier überhaupt nur in einzelnen Zonen vorzukommen scheint. Die Structur des Westabhanges der Sierra Nevada möchte, so weit mir ein Urtheil zusteht, abgesehen von der horizontalen Anlagerung am westlichen Fusse, unter allen westamerikanischen Gebirgstheilen die grösste Aehnlichkeit mit alpiner Structur, und zwar mit der Aussenseite irgend eines Stückes der Schweizer Alpen besitzen.

Längere Kettenstücke der Basin Ranges zeigen Convexität gegen West; ich betrachte die Sierra Nevada als gegen West überschoben.

Der steile östliche Abbruch ist der Schauplatz des Erdbebens vom 26. März 1872 gewesen, an welchem Tage nach Whitney der Schlag gleichzeitig auf der ganzen Strecke vom 34. bis zum 38. Breitegrade eintrat (S. 101).

Die Coast Ranges. Westlich von dem californischen Längenthale erheben sich, an vielen Stellen 5000 Fuss erreichend, oft mit steilem Abfalle gegen den pacifischen Ocean, die Coast-Ranges. Auch in der Besprechung dieser Gruppe ist Whitney unser Führer.[47]

In den Coast Ranges ist ein einheitlicher First oder eine Hauptkette nicht vorhanden. Zahlreiche einzelne Ketten, von einer gemeinsamen Streichungsrichtung beherrscht und aus ähnlichen Felsarten zusammengesetzt, laufen neben einander her und lösen sich gegenseitig ab, etwa den Ketten des Schweizer Juragebirges einigermassen vergleichbar. Ihr Bau ist jedoch nicht so regelmässig wie jener des Juragebirges und mehr eine Zerknitterung als eine Faltung zu nennen. Antiklinale Züge wechseln mit monoklinalen Rücken und gehen ineinander über. Im Süden sind diese Einzelketten besonders zahlreich und durch viele, aus der Zeit der spanischen Missionen herrührende Namen bezeichnet, wie Sierra S. Monica, S. Inez, S. Rafael u. And.

Die nördlichen Ausläufer der Sierra de la S. Cruz schliessen die grosse und merkwürdige Bucht von S. Francesco, während landeinwärts die Gruppe des M. Diablo diese Bucht von dem Hauptthale des S. Joaquin trennt. Weiter gegen Nord, bis gegen den Klamathfluss, ist der Bau mehr einheitlich und es verschwinden die Einzelnamen.

In dem ganzen Gebiete der Coast Ranges ist mit Ausnahme des Fundes einer Aucella, welche höchst wahrscheinlich dem oberen Jura zuzuzählen ist, bis heute unter den Ablagerungen der unteren Kreide noch kein Glied einer älteren mesozoischen oder paläozoischen Ablagerung bekannt.

Im Süden, in der Umgebung von los Angeles, am Meeresufer bei S. Barbara bis P. Concepcion und an vielen Punkten im Innern des Gebirges tritt fein gebänderter, vielfach gefalteter Schiefer von wahrscheinlich mitteltertiärem Alter auf, die Lagerstätte beträchtlicher Mengen von Asphalt und Erdöl. Er ist überlagert von miocänem Sandstein, welcher auch an den Bewegungen des Gebirges theilgenommen hat.

Unter dem bituminösen Schiefer ist eine Vertretung der Eocänzeit bisher nicht bekannt; die nächstälteren Schichten gehören

der Kreideformation an. Unter dieser, streckenweise aber, wie es scheint, unmittelbar unter den Tertiärbildungen, treten Granit, Hornblendeschiefer und metamorphische Schiefer hervor; sie bilden die höchsten Theile der Ketten.

Einzelne Beobachter scheinen sich der Ansicht zu nähern, dass diese Felsarten, insbesondere der Granit, welcher die Unterlage des südlichen Theiles der Coast Ranges bildet, identisch sei mit dem Granit der Sierra Nevada jenseits des Téjon-Passes; Whitney dagegen bestreitet diese Uebereinstimmung und spricht sich mit aller Entschiedenheit für das junge, tertiäre Alter des Granites der Coast Ranges aus;[48] man geht sogar so weit, dass Glimmerschiefer von miocänem Alter anerkannt wird. Allgemein wird zugegeben, dass die unter dem bituminösen Schiefer liegende Kreideformation beträchtliche Veränderungen erfahren habe, und dass ihr die zahlreichen Serpentinzüge der Coast Ranges angehören. Insbesondere sind es Lagen von unreinem, rothem und grünem Jaspis in Begleitung von unreinem Serpentin und hartem, petrefactenlosem Sandstein, welche diese Theile der Kreideformation bezeichnen. Sie sind weit im Süden bekannt, erreichen aber erst weiter im Norden grosse Bedeutung. Diese Felsarten umschliessen einen grossen Reichthum an Quecksilber. Die Werke von New-Idria, New-Almaden, am Clear Lake u. And. geben davon Zeugniss.

Im Süden herrschen die Tertiärablagerungen vor; gegen Nord treten sie zurück und die Kreidebildungen gewinnen an Ausdehnung. Nördlich vom Clear Lake sind die ersteren beinahe verschwunden. Die Kreideformation ist mit Ausnahme weniger Strecken sehr arm an organischen Resten und vorherrschend aus Schiefer und Sandstein zusammengesetzt; Einlagerungen von hydraulischem Kalk erhöhen die Aehnlichkeit mit dem cretacischen Flysch.[49]

Gabb hat die californische Kreide in vier Glieder getrennt, und zwar: die Téjon-Gruppe, den höchsten Theilen entsprechend, hier der einzige kohlenführende Horizont; die Martinez-Gruppe, von geringer Verbreitung und noch nicht festgestellter Selbständigkeit; die Chico-Gruppe, von allen die bedeutendste; sie erstreckt sich bis Oregon und Vancouver und scheint das älteste

Glied an dem Fusse der Sierra Nevada zu sein; eines der leitenden Fossilien ist Trigonia Evansi; sie dürfte wohl annähernd der Dakota-Gruppe und dem Cenoman gleichstehen, vielleicht mit Einschluss höherer Stufen; das tiefste Glied endlich ist die Shasta-Gruppe, wahrscheinlich Unterabtheilungen verschiedenen Alters umfassend, vom Alter des Gault und Neocom; sie ist bis Puget Sound im Norden bekannt und enthält Arten von Ancyloceras, Crioceras, Helicancylus, Diptychoceras u. And. Dies ist der älteste versteinerungsführende Horizont in den Coast Ranges, mit Ausnahme eines Vorkommens von Aucella Piochi in der Nähe des Clear Lake, welche der Auc. Mosquensis des höchsten Theiles der russischen Juraablagerungen nahe steht.[50]

Endlich sind in diesen Gebirgen auch junge vulcanische Bildungen vorhanden. Der wichtigste Zug derselben liegt nördlich von der Bucht von S. Francesco und streicht von Süd gegen Nord über den Mt. Helena zum Clear Lake. —

Ein Bericht von Gabb bietet die erwünschte Gelegenheit, die Zusammensetzung der Halbinsel Nieder-Californien zu vergleichen. Gabb erkennt in derselben die unzweifelhafte Fortsetzung der Coast Ranges, und in der That sind nicht nur die Gesteine dieselben, sondern auch die Anordnung der Ketten.[51]

Ein ununterbrochener granitischer Zug erstreckt sich von den S. Gabriel-Bergen in den obercalifornischen Coast Ranges durch die Grafschaften los Angeles, S. Bernardino und S. Diego zur westlichen Hälfte der Halbinsel und dürfte N. von der grossen Bucht von S. Sebastiano Vizcaino enden. Er ist an der Westseite streckenweise von älteren Eruptivgesteinen begleitet und trägt einzelne Kuppen und Decken von Trachyt und Basalt. Oestlich von diesem Granitzuge taucht im nördlichen Theile der Halbinsel unter öden basaltischen Decken ein zweiter Granitzug hervor, welcher der Ostküste folgt und noch weiter gegen Süd, bis in die Gegend von S. Gertrudis, reicht. Zwischen diesen Zügen, in der Nähe von Calamujuel, sind Quarzit, Glimmerschiefer, Talkschiefer und Jaspis-führende Lagen vorhanden, welche als veränderte Theile einer ausgebreiteten Decke von versteinerungsleerem Sandstein, dem Mesa-Sandstein, angesehen werden, welcher dem tertiären Sandstein von Obercalifornien entspricht.

Die S. Clara-Berge, welche von der Sebastiansbucht zur Balenasbucht streichen, bilden wahrscheinlich einen dritten, selbständigen Granitzug.

Bei S. Ignacio erheben sich einige kleinere, junge Aschenkegel, welche durch junge vulcanische Bildungen quer über die Halbinsel in Verbindung stehen mit dem weit höheren, ebenfalls vulcanischen Cerro de las Virgenes.

Von hier an bis gegen la Paz hinab scheint die Halbinsel einen ziemlich regelmässigen Bau zu besitzen. Die Sierra Gigantea, etwa 3000 Fuss hoch, läuft nahe an der Ostküste hin, welche auf lange Strecken hin ausserordentlich steil abbricht, während die Abdachung gegen den pacifischen Ocean flach ist. Das Land besteht hier vornehmlich aus dem bereits erwähnten Mesa-Sandstein, in welchem Gabb keine organischen Reste antraf. Dieser liegt im Westen flach, ist dort in Mesa's, d. i. in Tafelberge aufgelöst, steigt gegen Ost bis auf die Höhe der Sierra Gigantea, befindet sich dort in gestörter Lagerung, und bei Loreto wird unter demselben Granit sichtbar. In diesem Sandstein treten zahlreiche grosse Blöcke eines alten Eruptivgestein's auf, welche nicht von der heutigen Halbinsel, sondern von Osten her, aus der Gegend des Golfes, zu stammen scheinen.

Der Mesa-Sandstein setzt sich nach Süden fort, bis wieder in der Kette der Cacachilas, welche die Bucht von la Paz vom californischen Golf abtrennt, Granit hervortritt, an welchen sich Glimmerschiefer anschliesst; diese letzteren Felsarten bilden den südlichsten, hohen Theil der Halbinsel; S. Lazaro erreicht hier 5000 Fuss.

Ausser den angeführten Bildungen werden sehr junge, als post-pliocän bezeichnete Meeresbildungen bis zu 4—500 Fuss über dem heutigen Strande an vielen Orten angetroffen.

Xánthus bemerkt, dass bei Marques, unweit von la Paz, ein bedeutender alter Quecksilberbau vorhanden sei.[52] —

Die Nachrichten, welche mir über das östliche Ufer des californischen Golfes vorliegen, sind sehr unvollständig; immerhin lässt sich aus denselben, wie z. B. aus Weidner's Angaben über Sinaloa[53] entnehmen, dass die Gebirge durchwegs das südöstliche Streichen einhalten, und dass es in der That die gegen SO.

gewendeten Basin Ranges sind, welche in die mexicanischen Gebirgszüge fortsetzen.

Die Grenze zwischen den Coast Ranges auf der einen, der Sierra Nevada, den Basin Ranges und den mexicanischen Gebirgszügen auf der andern Seite läuft also von den Quellen des Sacramento durch das californische Längenthal, über den Tulare-See zum Téjon-Passe, zur Mündung des Colorado und durch den californischen Golf.

Dies erinnert an die Tiefenlinie, welche von der Wüste Atacama durch das chilenische Längenthal zum Busen von Corcovado zieht. In der That ist die Uebereinstimmung des Baues und der Zusammensetzung der californischen Coast Ranges und der südamerikanischen Küsten-Cordilleren sehr bemerkenswerth. Hier wie dort bilden granitische Ketten die Unterlage; hier wie dort fehlt über denselben jede nachweisbare Spur der paläozoischen und der ganzen unteren Hälfte der mesozoischen Serie.

Mit Ausnahme sehr weniger Spuren, welche der Juraformation zuzuzählen sind, beginnt, wenigstens nach dem dermaligen Stande der Kenntnisse, allenthalben, vom nördlichen Colifórnien bis nach Cap Hoorn hinab die geschichtete Serie mit der unteren Kreide. Serpentinzüge sind an vielen Orten sichtbar. Das Quecksilber der californischen Ketten wiederholt sich in Peru in der Kreideformation, allerdings in der östlich den Küstencordilleren folgenden Sierra; Vulcane sind diesen Zügen aufgesetzt, im Süden wie im Norden, und sehr häufig zeigen sich beträchtliche Mengen alter, vielleicht cretacischer Eruptivgesteine.

Es ist offenbar ein einziger, trotz der ausserordentlichen Entfernungen ursachlich zusammenhängender Typus des Gebirgsbaues, welchem auch die Cordillere der Antillen angehört, und viele Merkmale erinnern an die Flysch-Gebirge Europa's.

Während auf diese Art die Gebirge Obercalifornien's sich gegen Süden fortsetzen, verschwinden sie gegen Norden unter einer Fluth von jüngeren Laven. Der Granit der Sierra Nevada bricht ab, es erhebt sich Lassen's Peak zu etwa 10.500 Fuss und von diesem Punkte an erstreckt sich durch mehr als 800 Kilom. nordwärts das grosse Gebiet der Laven. Es umfasst die gesammte Cascade Range, bedeckt sehr grosse Flächen in Oregon,

Washington und Idaho und greift weit in die umliegenden Staaten. Le Conte, welcher die Ausdehnung dieses vulcanischen Gebietes jener von ganz Frankreich gleichstellt, hat gezeigt, dass am Columbiaflusse unter den nahe an 4000 Fuss mächtigen Lavaströmen sehr junge Tertiärablagerungen mit Resten von Eichen und Nadelhölzern liegen.[54] Im nördlichen Californien, NNO. von Lassen's Peak, erreicht M. Shasta 14.400 Fuss und beherrscht weithin die nur etwa 3000 Fuss hohe Umgebung; eine lange Reihe beschneiter Vulcane sitzt theils auf der Höhe der Cascade Range, mit ihren Ergüssen sie aufbauend, theils W. von diesem Höhenzuge, so M. Hood (11.225 Fuss) in Oregon und der mächtigste von allen, M. Rainier (14.444 Fuss) in Washington Territ., welcher auf seinem höchsten Theile einen Krater, an seinen Abhängen Gletscher zeigt. Hague und Idding haben die Felsarten untersucht; sie fanden Basalt, Hypersthen-Andesit, Hornblende-Andesit und auf Lassen's Peak auch Dacit.[55]

An einzelnen Stellen werden an dem Fusse von Cascade Range kleinere Kuppen von Granit und Schiefer sichtbar; das sind die Reste des überflutheten und begrabenen Gebirges, welches im Norden, in Brit. Columbien, wieder hervortritt. Die Laven scheinen ohne wesentliche Unterbrechung bis an jenen Theil des Snake River zu reichen, wo die vom Bärensee kommenden Faltenzüge unter die Basalte hinabtauchen (Taf. VI). —

Gegen Ost, jenseits der Lavaflächen, liegt zu viel unbekanntes Land, als dass es möglich wäre, die merkwürdigen Berichte von Hayden und Holmes über das vulcanische Gebiet des Yellowstone mit den Berichten über andere Strecken in Verbindung zu bringen; ich wende mich daher weiter gegen Norden.

Britisch-Columbien. Nach G. M. Dawson's Beobachtungen liegt der See Winnipeg noch innerhalb jener Tafel flach gelagerter, silurischer Schichten, welche wahrscheinlich einmal mit jenen der Hudson's-Bay in ununterbrochener Verbindung standen. Westlich von dem See befindet sich noch eine ziemlich breite devonische Zone, welche Salz und Erdöl enthält und sich bis über den Athabasca fortsetzt; sie liegt fast horizontal und wird gegen West von den Kreidebildungen der Ebene bedeckt, welche W. vom

Winnipegosis mit einer merklichen Stufe beginnen; diese Stufe ist die Fortsetzung jenes Abhanges, welcher bereits an dem linken Ufer des unteren Red River erwähnt worden ist.

Ganz wie im Süden breitet sich die Kreideformation über die Ebene; sie bildet einmal eine flache Mulde und legt sich wieder flach, doch mit geringer Neigung gegen West; etwa 15—30 Kilom. vor dem Fusse der Rocky Mountains beginnen parallele Störungen; es kommen sogar überschlagene Falten vor, und an dem Saume des Gebirges fällt zwischen 49° und 50° n. Br. die Kreideformation widersinnig gegen die Rocky Mountains ein. Dawson erklärt diese Lagerung als die Folge einer grossen Verwerfung mit östlichem Absinken, welche den Fuss des Gebirges begleitet.[56]

Die Laramiestufe enthält, indem sie sich den Rocky Mountains nähert, mehr und mehr Spuren des nahen Ufers; in ihrem unteren Theile ist sie kohlenführend; Dawson vermuthet, dass die Rocky Mountains selbst die Uferlinie gebildet haben. Aehnliche Vermuthungen haben wir auch im Süden, sogar bis N. Mexico getroffen.

Auch viel weiter gegen Nord, etwa in 55° 30′, wo der Pine River, ein südlicher Zufluss des Peace River, aus dem Gebirge getreten ist, fand Dawson ähnliche Verhältnisse; die Laramiestufe enthält viel Sandstein und Gerölle, und die cretacischen Schichten sind bis auf etwa 25 Kilom. vom Fusse des Gebirges gestört und sogar streckenweise überworfen. Hier im Norden besteht die äussere Kette aber nicht aus archaischen und paläozoischen, sondern aus paläozoischen Felsarten und der marinen Trias mit Monotis subcircularis.[57]

Die Hochgebirge zwischen diesem äusseren Saume der Rocky Mountains und der pacifischen Küste sind zwar erst auf einzelnen Querlinien durch Hector, Selwyn und Dawson bekannt geworden, aber es lässt sich deutlich entnehmen, dass hier durchwegs ziemlich paralleles Streichen gegen NW. herrscht und der Bau folglich weit einfacher ist, als in den Vereinigten Staaten.[58]

Dawson unterscheidet in Brit. Columbien vier parallele Ketten. Die erste bilden die Rocky Mountains, in welchen im Norden jene devonischen Ablagerungen wieder sichtbar werden, welche östlich vom Mackenzie in flacher Lagerung vorkommen. Die zweite

Kette ist Gold Range; sie grenzt gegen West an eine breite, von jungen Laven und von Süsswasserablagerungen bedeckte Tafelfläche; jenseits von dieser Fläche erhebt sich die Coast- oder Cascade-Range, welche hier nicht mehr unter den Laven begraben ist, und welche selbstverständlich nicht mit den Coast-Ranges Californien's zu verwechseln ist; die vierte Kette ist Vancouver Range; sie erhebt sich aus dem Meere und die Queen Charlotte-Inseln gehören ihr an.

Die Rocky Mountains werden von demselben Beobachter ausdrücklich als die Fortsetzung derselben paläozoischen Tafeln erklärt, welche unter der grossen östlichen Ebene liegen. Die mesozoischen Ablagerungen zeigen allerdings wesentliche Veränderungen in ihrer Verbreitung. Im Süden greift der rothe Sandstein mit Gyps, welcher die Trias vertritt, von den Ebenen her an die Rocky Mountains und lässt sich bis an den Wahsatch verfolgen; dann fehlt die Trias durch einen ziemlich breiten Streifen Landes, und in den westlichen Basin Ranges erscheint sie als eine marine Ablagerung mit Meekoceras, Monotis subcircularis u. And. Im Norden dagegen reicht die letztere Entwicklung der Trias über die ganze Breite des Gebirges; solche Ablagerungen mit Monotis subcircularis treten im Westen auf Moresby Island (Queen Charlotte-Archipel, 53.° nördl. Br.) unter der Kreideformation von californischem Typus hervor und an der Ostseite des Gebirges, am Peace River und Pine River sind dieselben Ablagerungen in Berührung mit Kreideschichten des östlichen Typus, welche jenen von Dakota und von Colorado gleichen.[59]

An mehreren Stellen, und insbesondere auf Vancouver, erscheinen jene Aucellen-Schichten wieder, welche in den californischen Coast Ranges erwähnt worden sind. Whiteaves betont die volle Uebereinstimmung der californischen Auc. Piochi mit Auc. Mosquensis und zählt die ganze Schichtgruppe noch der unteren Kreide zu; ich betrachte diese Schichten mit Neumayr als bis nach Californien dringende Ablagerungen eines borealen Meeres aus der Zeit des Schlusses der Juraformation.[60]

Alaska und die Aleuten werden im Zusammenhange mit Ostasien zu besprechen sein. Eine Fortsetzung der Küsten-Cordilleren scheint in Brit. Columbien nicht erkennbar zu sein.

Uebersicht. Nachdem die Brüder Rogers ihre denkwürdige Geologie von Pennsylvanien veröffentlicht, nachdem der Bauplan des östlichen Amerika durch eine lange Reihe sich gegenseitig ergänzender Untersuchungen festgestellt war, sind nun im Westen durch die in Wetteifer vereinten Bemühungen einer Schaar von ausgezeichneten Forschern die ersten Grundzüge der Structur eines der merkwürdigsten und ausgedehntesten Hochgebirgsländer der Erde glücklich enthüllt worden. Wer diese ersten Grundzüge zu überblicken versucht, darf ein Wort der Dankbarkeit nicht zurückhalten gegen jene Männer, welche diesen werthvollen Erfolg mit der Arbeit ihrer besten Lebenskraft bezahlt haben.

Von Nova Scotia, selbst von Neu-Fundland ziehen grosse Falten durch den Osten herab bis nach Alabama; sie sind nicht ganz parallel und sie sind auch zu verschiedenen Zeiten entstanden, aber sie verfolgen doch alle beiläufig die Richtung gegen Südwest, welche auch die Richtung der heutigen Küste ist, und zeigen eine lange anhaltende oder oft wiederholte tangentiale Bewegung, welche gegen West und Nordwest, d. i. landeinwärts gerichtet ist. Der atlantische Ocean liegt daher an der Rückseite oder Innenseite dieser Falten.

Weiter gegen West verflachen diese Falten; endlich tritt eine grosse cenomane Transgression ein, deren Spuren übrigens auch an dem atlantischen Ocean, auf N.-Jersey, nicht fehlen.

Die Ablagerungen der mittleren und oberen Kreide bilden von Texas bis weit gegen Norden den Untergrund des Llano estacado und der Prairie'en; sie greifen in das Gebirge ein und erreichen wahrscheinlich im Süden die Verbindung mit der pacifischen Küste. Aus ihnen besteht die ebene Mitte des Continentes; sie schliessen mit einer grossen Brackwasser- und Süsswasser-Bildung, dem Laramie-Binnensee, welcher von den Ufern des Peace River bis zu jenen des Rio Grande del Norte reicht. Die weithin flach gelagerten mesozoischen Ablagerungen der Ebenen sind hart am Fusse der ersten Ketten der Rocky Mountains, wie der Front Range in Colorado, plötzlich steil aufgekantet, als wären sie geschleppt an einem grossen Bruche. Gegen Süden, in Neu-Mexico, sind sie auch etwas widersinnig überbogen; am heftigsten sind die Bewegungen im Norden, an den oberen Zuflüssen des

Saskatchevan und des Athabasca, wo eine etwas breitere Zone wiederholter Störungslinien vorhanden ist.

Die Rocky Mountains bestehen von ihrem Beginne bei Galisteo in Neu-Mexico bis an die Masse des Téton, also beiläufig von 35° 30′ bis 43° 30′, aus mächtigen Höhenzügen, welche an einer geraden, im Meridian verlaufenden Linie hinter einander auftreten und deren jeder das Bestreben hat, gegen Nordwest abzulenken, so dass sogar der breite, in West streichende Rücken des Uinta sich dieser eigenthümlichen Virgation anschliesst. Diese Höhen sind zum grossen Theile zu breit angelegt, um als Antiklinalen gelten zu können, und die einfach aufgeschleppten Ränder der mesozoischen Sedimente umsäumen nicht nur die grösseren Massen, sondern auch kleinere Stöcke, welche wie Pflöcke hervorragen. Aus diesem Grunde wurde hier die Umgebung der Berge, und insbesondere das Colorado-Plateau als gesenkt angesehen, und die grossen Flexuren, welche es umgeben, wurden als peripherische Randflexuren des Senkungsfeldes betrachtet. Die Höhen erhalten hiedurch die Merkmale von Horsten, und auch die mächtigen Hochtafeln von Utah mussten als Ergebnisse ungleichförmiger Senkung aufgefasst werden. In diese Region ist der Cañon des Colorado eingesenkt.

Die Sedimente von Binnensee'n aus verschiedenen Abtheilungen der Tertiärformation breiten sich in dem Senkungsgebiete des Colorado-Plateau, S. vom Uinta, und auf dem Plateau des Green River, N. vom Uinta, aus.

Am Wahsatch und jenseits der Hochtafeln von Utah beginnt das Gebiet des eingebrochenen Faltenlandes, die Basin Ranges; sie setzen sich nach Norden wie nach Süden fort. Im Norden und im Süden scheinen überhaupt nur parallele Ketten und keine der Virgation der Rocky Mountains oder dem Plateau des Green River und des Colorado ähnliche Einschaltungen vorhanden zu sein.

Die Sierra Nevada, aus Gneiss und mesozoischem Schiefer, ist als eine gegen West überschobene Faltung, ähnlich der Masse des Finsteraarhorn, dargestellt worden; an ihrem westlichen Fusse liegt flach die mittlere Kreide.

Oregon und Washington bedeckt die grosse Lavafluth; erst in Brit. Columbien treten die Felsarten der Cascade Range als

zusammenhängende Kette unter den Ergüssen wieder hervor, während südlich davon nur grosse Vulcane auf diesem Gebirgszuge sich erheben. Vor der Cascade Range sind die Bruchstücke einer weiteren Kette auf Vancouver und im Queen Charlotte-Archipel erhalten.

In Californien folgt dem cretacischen Fusse der grossen Sierra das Längenthal, welches seine Fortsetzung über den Téjon-Pass in den californischen Golf findet. Was ausserhalb dieser Tiefenlinien liegt, die californischen Coast-Ranges und die niedercalifornische Halbinsel, hat dieselbe eigenthümliche Zusammensetzung wie die Küsten-Cordilleren Südamerika's und die Cordillere der Antillen. Vom nördlichen Californien bis Cap Hoorn, durch beiläufig 95 Breitengrade, ist die pacifische Küste von kurzen sich ablösenden Ketten begleitet, welche auf ihrem ganzen Verlaufe aus Felsarten von archaischem Gepräge, aus vielen älteren Eruptivgesteinen und ferner aus Sedimenten bestehen, in welchen die ältesten bisher gefundenen Reste in Bogota Spuren des Lias, in Californien Spuren des obersten Horizontes des borealen Jura zeigen, sonst aber allenthalben nur der Kreide- und Tertiärzeit angehören.

Darwin im äussersten Süden, Whitney im Norden haben sich für das jugendliche Alter der Granite dieser Ketten ausgesprochen.

Manche Anzeichen verrathen, dass in den Gebirgen des westlichen Amerika in unseren Tagen Veränderungen sich vollziehen. Es ist vor wenigen Jahren ein grosses Erdbeben an einem Hauptbruche beobachtet worden. Gilbert verfolgt die Störungen der Terrassen am Bonneville-See. Kratere liegen zwischen diesen Terrassen: andere Kratere befinden sich auf der Esplanade, der grossen Abstufung in dem unteren Theile des Cañon des Colorado, und ihre Laven sind in die untere Schlucht geflossen, welche sicher von geringem Alter ist. Auf der Sevier-Wüste sehen die Kratere und Laven der Fillmore-Gruppe so frisch aus, dass Gilbert bemerkt, es sei hier nicht mehr Grund zu der Annahme vorhanden, dass die basaltische Epoche abgeschlossen sei, als zu der Annahme, dass sie eben begonnen habe.[61]

Anmerkungen zu Abschnitt XI: Nordamerika.

[1] Das Kärtchen Taf. VI soll nur die beiläufige gegenseitige Lage der wichtigsten Theile der Rocky Mountains und die Vertheilung der Sedimente auf dem Coloradoplateau versinnlichen. Es konnte aber schon wegen der Kleinheit des Maassstabes eine richtige Darstellung des Wahsatch oder der schmalen Faltenzüge N. vom Bärensee oder gar der Ränder der Flexuren nicht beabsichtigt werden. Laramie ist allenthalben zur Kreideformation gezogen. Die Gegend am Utahsee wurde nicht in Farben eingetragen. Der nördliche Theil bis 42° 15' wurde nach der von Hayden herausgegebenen Karte von Peale, S. John und Endlich, der folgende Streifen bis zur N. Grenze von Colorado, dann West Uintah bis zum Salzsee nach den von Clar. King veröffentlichten Karten, Ost Uintah nach Powell, Colorado nach der Karte von Hayden, das Hochland von Utah sammt der Umgebung des Cañon nach Dutton, N. Mexico nach Stevenson eingetragen.

[2] H. D. Rogers, Rep. Brit. Assoc. 1856, Cheltenham, und: The Geol. of Pennsylvania, 4°; 1858 insb.: On the laws of Structure of the more disturbed Zones of the Earth's Crust; und: Classification of the several Types of orograph. Structure visible in the Appalachians and other undulated Mountain-Chains; eb. das. vol. II. b, p. 885—941. Man hat seither, auf viele genauere Beobachtungen gestützt, sogar den Versuch gemacht, das Maass der seitlichen Contraction in Ziffern auszudrücken. Solche Versuche unterliegen selbstverständlich grossen Schwierigkeiten und einem hohen Maasse von Unsicherheit; Claypole nennt als das Verhältniss der heutigen Breite zu der ursprünglichen die Ziffern 65 : 100; Nature, 1884, p. 531.

[3] H. Fletcher, Report on the Explorat. of Cape Breton, N. Scot.; Rep. Geol. Surv. Canada for 1875—76 F, 1876—77, p. 454—513, 1877—78 F, p. 9 u. folg.; Karten, und dess. Rep. on Part of the Counties of Richmond, Inverness, Guysborough and Antigonish, N. Scot. eb. das. 1879—80 F. Eine Uebersichtskarte in Dawson, Acadian Geol. 8° Lond. 1868.

[4] J. Richardson, Report; Map showing the Distribution of the low. Silur. Rocks between Chaudière and Trois-Pistoles; Rep. Geol. Surv. Canad. for 1866—69. p. 133—157; W. E. Logan, Geol. of Canada, 8° 1863, p. 2, 287, 864 und an and. Ort.; für Anticosti J. Richardson, Rep. for 1853—56, p. 191—245 und an and. Ort.

[5] Für N. Braunschweig nenne ich nur R. W. Ells, Rep. on the Geol. of N. and East. N. Brunswick and the N. Side of the Bay of Chaleurs; Rep. Geol. Surv. Can. 1880—82, D, Karte, und dess. Rep. on the Geol. of Gaspe Penins., eb. das. DD.; ferner für die Strecke Quebec—N.-York: A. R. C. Selwyn, The Quebec Group in Geology; Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, I, Montreal, 1883, Sect. IV, 1882, p. 1—13, und J. D. Dana, An Account of the Discov. in Vermont Geol. of the Rev. Aug. Wing, Am. Journ. Sc. 1877, XIII, p. 332—347, 405—419 u. XIV, p. 36, ferner Dana, On the Relations of the Geol. of Vermont to that of Berkshire; eb. das. 1877, XIV, p. 37—48, 132—140, 202 u. folg.

[6] J. B. Elliott, The Age of the Southern Appalachians; Am. Journ. Sc. 1883, XXV, p. 282—298.

7 W. M. Davis, The structural Value of the Trap Ridges of the Connecticut Valley; Proc. Boston Soc. nat. Hist. 1882, XXII, p. 116—124.

8 Rob. Bell, Rep. on Hudsons Bay; Rep. geol. Surv. Can. 1877—80 C und 1879—80 C; Rep. on the Geol. of the Basin of Moose Riv.; Rep. on the Geol. of the Lake of the Woods, eb. das. 1880—82 C und CC, mit Karten, und an and. Ort.

9 J. Stevenson, Note on the Laramie Group of S. New Mexico; Am. Journ. Sc. 1882, XXII, p. 370—372; an der Ostseite des Rio Grande bis 150 Miles unter Santa Fé mit Ostrea, Corbula u. and. und mit Kohle; auch White, Geograph. Extent of the Laramie Group, eb. das. 1882, XXIV, p. 207—209 u. insb. eb. das. 1883, XXVI, p. 120.

10 G. M. Dawson, Rep. on an Explor. from Port Simpson on the Pacif. Coast to Edmonton on the Saskatchewan; Rep. Geol. Surv. Can. 1879—80, B. p. 130.

11 J. W. Dawson, Observ. on the Geol. of the Line of the Canad. Pacif. Railway; Quart. Journ. Geol. Soc. 1884, XL, p. 378, 379.

12 H. Newton and W. P. Jenney, Rep. on the Geol. and Resources of the Black Hills of Dakota; 4° Washington, 1880; Atlas.

13 C. A. Peale, Rep. on the Green River Distr. in Hayden, XI. Rep. U. S. Geol. Surv. for 1877, p. 622—629 und: Jura-Trias Section of S. E. Idaho and W. Wyoming. Bull. U. S. Geol. Surv. 1880, V, p. 119—123; C. A. White, Fossils of the Jura-Trias of S. Idaho, eb. das. p. 105—117.

14 F. V. Hayden, Geol. Map. of Colorado in Hayden, X. Rep. U. S. Geol. Surv. f. 1876.

15 Ich will hier auf die lehrreiche Schilderung verweisen, welche G. v. Rath gegeben hat; Sitzungsber. Niederrhein. Ges. Nat. Heilk. Bonn, Sitzung v. 7. Jan. 1884.

16 J. J. Stevenson, Geol. Examin. in S. Colorado and North. N. Mexico; G. M. Wheeler, Rep. U. S. Geograph. Surv. West of the 100. Merid., vol. III, 1881; 4°, Karten.

17 Ich berufe mich auf Endlich's Karte in Hayden IX. Rep. 1875, pl. XVI.

18 Hayden in G. Surv. Rep. f. 1873, p. 19; Arch. R. Marvine eb. das. p. 131 u. folg., pl. II; Clar. King, U. S. Geol. Explor. of the fortieth Parall.; vol. I. System. Geol. 1878, p. 15 u. folg.; Arn. Hague eb. das. II, p. 2 u. folg.; J. J. Stevenson, Structure and Age of the Rocky Mount. Syst. in Wheeler's Rep. 100. Parall. III, p. 488 u. folg.; ferner A. C. Peale, Notes on the Age of the Rocky Mount. in Colorado, Am. Journ. Sc. 1877, XIII, p. 172—181, 388; Stevenson eb. das. p. 297—299 und an and. Ort.

19 S. F. Emmons, Abstr. of Rep. on Geol. and Mining Industry of Leadville, Col.; Powell, II^d Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. f. 1880—81, p. 211 u. folg.

20 F. M. Endlich, Rep. on the Geol. of the Sweetwater District; Hayden G. Surv. Rep. f. 1877, p. 3—141; Or. St. John, Rep. on the Geol. of the Wind River Distr. eb. das. 1878, I, p. 175—269; Peale, S. John and Endlich, Geol. Map of Portions of Wyoming, Idaho and Utah, eb. das.

21 J. W. Powell, Rep. on the Geol. of the Eastern Port. of the Uinta-Mountains etc.; U. S. Geol. and Geogr. Surv. of the Territ. II. Divis. 4°, Atlas, 1876.

22 Zirkel vergleicht ihn dem Paragonit-Schiefer des Gotthard; Cl. King Rep. 40. Parall., Microsc. Petrogr. vol. VI, 1876, p. 28; nach Wadsworth ist es Glimmerschiefer; Proc. Boston Soc. nat. Hist. 1881, XXI, p. 251.

23 C. A. White, Rep. on the Geol. of a Part of NW. Colorado; Hayden, G. Surv. Rep. f. 1878, p. 3—59; insb. p. 41, 46 und 51.

24 C. E. Dutton, Rep. on the Geol. of the High Plateaus of Utah; Powell, U. S. Geogr. Geol. Surv. Rocky Mount.; 4°, 1880, Atlas; p. 47 u. folg.

25 S. F. Emmons, Green River Basin, in Cl. King, Rep. 40. Parall. II, p. 191, 251; West Uinta Range, p. 311 u. folg.; Atlas fol. II.

26 Eine lehrreiche Darstellung der beiden ersten Gruppen gibt Cl. King, Rep. 40. Parall., Osthälfte des Atlasblattes III, und vol. I, p. 44 u. folg., p. 154, 745; dann Emmons eb. das. II, p. 340 u. folg., und Howell in Wheeler, Rep. 100. Merid. III, p. 233 u. folg.

27 F. Zirkel, Microsc. Petrogr.; Cl. King, Rep. 40. Parall. VI, p. 50, 58.

28 A. Geikie, On the Archaean Rocks of the Wahsatch; Am. Journ. Sc. 1880, XIX, p. 363—367; J. D. Whitney and M. E. Wadsworth, The Azoic System and its proposed Subdivisions; Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, 1884, VII, p. 499—511.

29 Or. St. John, Rep. on the geol. Field-Work of the Teton-Division; Hayden, Geol. Surv. Rep. f. 1877, p. 323 u. folg. (lat. 43°—44° 15', long. 109°—112° 15'); A. C. Peale, Rep. on the Geol. of the Green River Distr.; eb. das. p. 509 u. folg. (lat. 41° 45'—43°, long. 109° 30'—112°); Geol. Karte im Rep. f. 1878, I.

30 G. K. Gilbert, The Colorado Plateau Province as a field for geol. Study; Am. Journ. Sc. 1876, 3. ser. XII, p. 16—24 und 85—103 u. insb. die Berichte von Gilbert, Marvine und Howell in Wheeler, Geogr. Surv. 100. Merid. Part III; ferner Cl. C. Dutton, Rep. on the Geol. of the High Plateaus of Utah; Powell, U. S. Geogr. Geol. Surv. Rocky Mount. Reg. 4° 1880, und Tertiary History of the Grand Cañon District eb. das. 4° 1882; Atlas.

31 Powell, Uinta, p. 176, 203, 208.

32 C. A. White, Rep. on the Geol. of a portion of NW. Colorado; Hayden, Geol. Surv. Rep. f. 1876, p. 5—60; insb. 40—51. Die Note p. 41 sagt: ‚Indem ich die Ausdrücke ‚uplift' und ‚upthrust' gebrauche, beabsichtige ich damit nicht, irgend eine Meinung über die thatsächliche Bewegung bei der Dislocation der Schichten, sei es nach aufwärts oder nach abwärts auszudrücken.'

33 S. F. Emmons, Rep. on Green River Basin; Cl. King, Rep. Geol. Explor. 40. Parall. II, 1877, p. 197.

34 Dutton, Tert. Hist. Grand Cañon, pl. XIX; einmal haben sogar solche Ströme den Colorado 400 Fuss hoch gestaut, bis er sich wieder den Weg bahnte; eb. das. p. 95.

35 Dutton, eb. das. p. 93.

36 F. Posepny, Geol. mont. Studie der Erzlagerstätt. von Rézbánya, herausgegeb. v. d. ungar. geol. Gesellsch. 8°, 1874, S. 190: ‚Wie könnte man sich anders das Vorkommen von verhältnissmässig dünnen, aber langen Grünsteingängen, die in jede Spalte des Gesteins eindringen und dünne, spitzige Gesteinstheile einschliessen, erklären, als dass die weiche Gesteinsmasse durch den Druck des darauf lastenden Gesteins in die fertigen Spalten gepresst wurde? — Jedes der Erzreviere . . . hat seinen grösseren Stock von Eruptivgesteinen, . . . welche bei der Senkung herausgepresst werden, und sozusagen das Maass der Senkung andeuten.' — Auch Dutton, Geol. High Plateau's, p. 130: ‚Eine genaue Betrachtung der Einzelheiten vulkanischer Eruptionen lässt den Eindruck zurück, dass sie hervorgepresst werden durch das Gewicht der Gesteine, welche ihre Reservoirs überlagern, und dass ihr Austritt nur ein hydrostatisches Problem der einfachsten Art ist.'

37 Clar. King, U. S. Geol. Explor. 40. Parall. I, p. 742 und an and. Ort. und die Berichte von Hague und Emmons eb. das. p. 469 u. folg.

38 Clar. King, eb. das. I, p. 744.

39 Hague, eb. das. II, p. 736; allerdings möchte hier noch die Frage gestattet sein, ob es sich nicht um eine während der Faltung entstandene Verschiebung handelt, wie solche in Europa nicht allzu selten sind.

40 G. K. Gilbert, Contrib. to the History of Lake Bonneville; Powell, II. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. for 1880—81, p. 167—200, mit Karten der Deformation des See's. Ausser der Neigung der Terrassen beschreibt Gilbert auch eine offenbar junge ‚Faultscarp' hart an dem W. Fusse des Wahsatch; sie ist 30—40 Fuss hoch und wird von Gilbert als ein Beweis angesehen, dass der Wahsatch sich erhebt; diese Annahme ist schwer

in Einklang zu bringen mit der Neigung der Terrassen. Die Fault-scarp kann auch entstanden sein durch Senkung des Westflügels. Dies sind Fragen, deren Lösung wir von der weiteren Fortsetzung dieser Arbeiten erhoffen dürfen. Gilbert, A Theory of the Earthquakes of the Great Basin; Am. Journ. Sc. 1884, XXVII, p. 49—53.

41 Gabb hat eine Anzahl merkwürdiger Versteinerungen von Volcano, SO. vom Walkers Lake, Nev., aus dem westlichen Theile der Basin Ranges, beschrieben, welche theils der Trias mit Arc. Ausseeanus und Cassianella lingulata, theils einer höheren Stufe angehören, die Gabb zum Lias rechnet. In der That erinnert Arietites Nevadanus gar sehr an europäischen Lias; Gabb stellt sogar sämmtliche bisher zum Jura gerechnete Schiefer der Sierra in den Lias; Gabb, Descript. of some secondary fossils from the Pacific States; Am. Journ. of Conchol. V, 1870, p. 5—18, pl. III—VII.

42 A. Rémond, Notice of Geol. Explorations in N. Mexico (prep. f. publication by J. D. Whitney); Proc. Calif. Acad. Nat. Sc. 1866, III, p. 243—257; W. Gabb, Notes on some Mexican cretac. Fossils; Geol. Surv. of California, Palaeontology, II, 1869, p. 257—276; derselbe: Notice of a coll. of cretac. Fossils from Chihuahua, Mex.; Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1872, p. 263—265 beschreibt auch von Nugal, Chih., in der Region der dortigen Silberminen von Kimball gesammelte Kreide-Petrefacten, wie Amm. Guadeloupae, Exog. costata u. A.

43 W. P. Jenney, Notes on the Geol. of W. Texas near the 32. parall.; Am. Journ. Sc. 1874, 3. ser. VII, p. 25—28. Der Llano Estacado zeigt hier rothen Sandstein, welcher für Trias gehalten wird, etwas braunen Sandstein, vermuthlich schon cretacisch, dann die Lagen mit Exog. Texana, Caprina crassifibra und Amm. pedernalis, dann etwa 30 Fuss harten Kalkstein.

44 F. Roemer, Die Kreidebildungen von Texas und ihre organ. Einschlüsse; 4°, Bonn, 1852.

45 J. D. Whitney, Geol. Surv. of California; Geol. vol. I, 1865; ich folge insbesondere der letzten Darstellung Whitney's in: The Auriferous Gravels of the S. Nevada of Calif., Mem. Mus. Comp. Zool. Cambridge, VI, 1879—80, p. 27—52, 505 u. folg. Für alle Einzelheiten des Vorkommens von Kohle, Quecksilber und Erdöl die Berichte von Goodyear und Peckham in Whitney, Geol. Surv. Calif. II, 1882, The Coast Ranges, Append. — Ferner Jos. Leconte, On the Evidence of horizontal crushing in the formation of the Coast Range of Calif.; Am. Journ. Sc. 1876, 3. ser. XI, p. 297—304.

46 Insb. Aurif. Gravels, p. 506.

47 Whitney, Geol. Calif. I, p. 1—197 und Aurif. Gravels, p. 15—26.

48 Whitney and Wadsworth, The Azoic System; Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, 1884, VII, p. 550 und an and. Ort.

49 Geol. Calif. I, p. 12, 101.

50 W. M. Gabb, Palaeontol. Calif. 1869, II, Preface, p. XII—XIV.

51 Gabb, Notes on the Geol. of lower California, in Whitney, Geol. Calif. II, Coast Ranges, Append. p. 137—148.

52 J. Xánthus, Reise durch die californ. Halbinsel; Peterm. geogr. Mitth. 1861, S. 133—143.

53 F. G. Weidner, Der mexikan. Staat Sinaloa; eb. das. 1884, S. 1—9; Karte.

54 Jos. Le Conte, On the great Lava-Flood of the West and on the Structure and Age of Cascade Mountains; Am. Journ. Sc. 1874, 3. ser. VII, p. 167—180, 259—267.

55 A. Hague and J. P. Iddings, Notes on the Volcanoes of N. Calif., Oregon and Washington Territ.; Am. Journ. Sc. 1883, 3. ser. XXVI, p. 222—235.

56 G. M. Dawson, Prelim. Report on the Geol. of the Bow and Belly River Region; Geol. Surv. Can. Rep. 1880—82, B, p. 1—23, Karte; ders.: Descript. Note on a General Section from the Laurent. Axis to the Rocky Mountains N. of the 49. Parall., Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, 1882—83, I; Sect. IV, 1882, p. 39—41; für eine

etwas mehr gegen N. gelegene Linie: J. W. Dawson, Observ. on the Geol. of the Line of the Canad. Pac. Railway; Quart. Journ. geol. Soc. 1884, XL, p. 376—388.

57 G. M. Dawson, Rep. on an Explor. from Port Simpson on the Pacif. Coast to Edmonton on the Saskatchewan; Rep. Geol. Surv. Can. 1879—80, B, p. 114; auch Selwyn, Rep. on an Explor. of Brit. Columbia; eb. das. 1875—76, p. 81 u. folg.

58 J. Hector, On the Geol. of the country betw. Lake Superior and the Pacif. Ocean (betw. the 48. and 54. Parall. of lat.); Quart. Journ. Geol. Soc. 1861, XVII, p. 388—445, Karte. Ferner wiederholte Berichte von Richardson, Selwyn, J. W. Dawson und G. M. Dawson in den Rep. Geol. Surv. Can., und Dawson, Sketch of the Geol. of Brit. Columbia; Geol. Magaz. 1881, 2. ser., VIII, p. 156—162 und 214—227.

59 J. Richardson, Rep. on Vancouver and Qu. Charlotte Isl.; Rep. Geol. Surv. Can. 1872—73, p. 38—101, Karte, und 1874—75, p. 78—91; G. M. Dawson, Rep. on Qu. Charlotte Islands; eb. das. 1878—79, B, p. 1—275; geol. Karte, und dess. Note on the Triassic of the Rocky Mountains and Brit. Columb.; Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, 1882—83, I, Sect. IV, p. 143—145, und: Note on the Geol. of the Peace Riv. Region, Am. Journ. Sc. 1881, 3. ser., XXI, p. 891.

60 J. F. Whiteaves, On the low. cretac. Rocks of Brit. Columbia; Trans. Proc. Roy. Soc. Can., 1882—83, I, Sect. IV, p. 85; M. Neumayr, Ueb. klimat. Zonen während d. Jura- und Kreidezeit; Denkschr. Akad. Wien, 1883, XLVII, p. 303. Meek war auch geneigt, Lima Erringtoni der goldführenden Schiefer Californiens mit Auc. Mosquensis zu vereinigen.

61 Gilbert in Wheeler, Surv. 100. Merid. III, p. 136, 141.

ZWÖLFTER ABSCHNITT.

Die Continente.

Alte Welt und neue Welt. — Unhaltbarkeit dieser Ausdrücke. — Alter der Continente. — Amerika. — Trennung von Indo-Afrika und Eurasia. — Faltung von Eurasia. — Han-hai und die turkestanische Niederung. — Die Mittelmeere. — Der indische Ocean. — Die grossen Einheiten. — Mannigfaltigkeit der Gebirge. — Zusammenbruch der Lithosphäre.

Die vorstehenden Abschnitte enthalten die Besprechung einer Anzahl der grössten Gebirgsketten der Erde, der grössten Tafelländer und der Mittelmeere. Die Behandlung war je nach der Bedeutung des Gegenstandes und nach dem heutigen Stande der Erfahrungen eine ungleichartige. Die meisten dieser Umrisse schliessen räumlich aneinander, während es in Amerika nicht möglich gewesen ist, die mexicanischen Ketten auf Grund der vorliegenden Berichte ganz bis an ihr südliches Ende zu verfolgen, und sich darum auch keine Gelegenheit gefunden hat, die transversale Vulcanenreihe von Mexico zu erwähnen. Die arktischen Länder, das nordwestliche Europa, das nordchinesische Tafelland, die ganze ostasiatische Küste und Australien mit den pacifischen Inseln sind noch gar nicht zur Besprechung gelangt. Die Ergänzung ist späteren Abschnitten vorbehalten, und es soll insbesondere die Umrahmung der beiden grossen Oceane in zusammenfassender Weise besprochen werden. Abgesehen von dieser absichtlichen Einengung des Stoffes fehlt es aber nicht an unabsichtlichen Mängeln, welche aus dem Umstande hervorgehen, dass es dieser Art der Darstellung, welche zu Vergleichen führen soll,

beinahe ganz an Vorbildern fehlt und sie daher alle Uebelstände eines ersten Versuches an sich trägt.

Alexander v. Humboldt's ‚geognostischer Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften' ist im Jahre 1823 erschienen und kommt heute nur als ein Denkmal der geistigen Grösse seines Verfassers in Betracht. Selbst Ami Boué's im Jahre 1845 veröffentlichte geologische Karte der Erdoberfläche besitzt bei dem raschen Fortschritte der Forschungen heute nur einen geschichtlichen Werth, und J. Marcou's Text zu der zweiten Auflage der geologischen Karte der Erde vom Jahre 1875, eine sehr inhaltreiche Zusammenstellung, verfolgt wie Boué's Arbeit weit mehr die Verbreitung der einzelnen Formationen auf der Erdoberfläche als die Structur der Gebirge und der Meeresbecken.

Weit näher stehen dem Ziele dieser Schrift die leider noch seltenen Versuche, einzelne Gebirge zu vergleichen. Als Beispiele nenne ich Medlicott's Vergleichung der Alpen und des Himalaya vom Jahre 1868 und Bleicher's Vergleichung der Pyrenäen, des Centralplateau's und der Vogesen vom Jahre 1870, welcher Versuch sofort den Werth der vergleichenden Methode auf's Glänzendste erwies, indem er den Verfasser lehrte, dass die Vogesen als ein Horst aufzufassen seien.[1] Eine auf den heutigen Stand der Erfahrungen begründete allgemeine vergleichende Orologie besteht aber nicht, und wer schrittweise die Grundlinien zu einer solchen zu vereinigen bestrebt ist, muss befriedigt sein, wenn gefunden wird, dass seine Darstellung Raum lässt für jene Erweiterungen und Berichtigungen, welche Jahr für Jahr, ja beinahe Tag für Tag der in allen Welttheilen erwachte Eifer für diese Richtung der Studien bringt.

Trotz aller Unvollständigkeit tritt nun eine Anzahl von allgemeinen Ergebnissen aus den vorstehenden Abschnitten so deutlich hervor, dass sie hier vorläufig verzeichnet werden mögen, hauptsächlich um die synthetische Aufgabe späterer Abschnitte einigermassen zu erleichtern. So wie zuerst in einem der vorhergehenden Abschnitte die wirbelförmige Anordnung der einzelnen Zweige des Alpensystem's geschildert worden ist, und später durch Verfolgung der Virgation des Tian-schan und der grossen rumänischen Beugung der Weg gezeigt wurde, um diesen Wirbel in seine

Theile zu zerlegen und zu ordnen, will ich jetzt einige allgemeine Züge in dem Antlitze der Erde hervorheben, deren tiefere Bedeutung an späterer Stelle vom Neuen zu erörtern sein wird.

So wenig man den gegenwärtigen Zustand eines Staates zu beurtheilen im Stande ist, ohne zu wissen, wie er geworden ist, ebensowenig vermag man über das Stück des physischen Erdbodens, auf welchem dieser Staat lebt, zu einer richtigen Anschauung zu gelangen, ohne die Vorgänge zu kennen, durch welche dasselbe gebildet worden ist. In menschlichen Dingen wie in der physischen Welt ist die Gegenwart nur ein Querschnitt; die Zukunft, welche jenseits des Querschnitts liegt, sehen wir nicht, aber aus der Vergangenheit mögen wir lernen. Dieses ist die Bedeutung der Erdgeschichte für die Erdbeschreibung.

Schon der erste Schritt in dem Versuche, erdgeschichtlichen Erfahrungen bei einer Ueberschau der Erdoberfläche zu folgen, führt uns jedoch vor ein Zeichen, aus dem sich ergibt, wie wenig bisher diesem Wege gefolgt worden ist. Heute noch spricht man von einer ‚alten Welt' und einer ‚neuen Welt', und es steht kein anderer Ausdruck für die vereinigte Ländermasse von Asien, Afrika und Europa im allgemeinen Gebrauche als ‚die alte Welt'. Amerikanische Naturforscher haben die volle Unverträglichkeit dieses überkommenen Ausdruckes mit den neueren Erfahrungen gefühlt und an dessen Stelle zunächst in thiergeographische Schriften den Namen Eurasia eingeführt.

Es ist aber schwer zu sagen, nach welchem Merkmale überhaupt das Alter eines Continentes bemessen werden soll, da doch Theile von verschiedenem Alter an dem Aufbaue der Mehrzahl derselben theilnehmen und überhaupt unter dem Begriffe ‚Alter' hier bald ein scharf umgrenztes Datum für die lange andauernden Vorgänge der Gebirgsbildung, bald das Datum der jüngsten Entblössung eines Continentes von der oceanischen Hülle verstanden wird. Man wird dem allgemeinen Sprachgebrauche wohl am nächsten kommen, indem man die Zeit festzustellen sucht, in welcher die grösseren Niederungen des Continentes zuletzt vom Meere verlassen worden sind.

Nordamerika war vom mexicanischen Golf bis an den Mackenzie und vielleicht bis an das Eismeer zwischen den öst-

lichen und den westlichen Gebirgszügen und auch über manche derselben hinweg von dem Meere der mittleren und oberen Kreide bedeckt. Dann schwand das Meer; ein ausserordentlich grosses brackisches und süsses Binnenmeer, die Laramie-See, reichte im Innern des heutigen Continentes vom 33. bis in die Nähe des 60. Breitegrades. So war der Zustand an der Grenze der Kreideformation gegen die Tertiärzeit; ausgedehnte Süsswasser-Ablagerungen beginnen hier, dauern durch die ganze Tertiärzeit an, nie mehr bis heute dringt der Ocean herein, und White hat gezeigt, dass die bezeichnenden Theile der heutigen Thierwelt des Mississippi, die Ganoiden und die Unionen, in unmittelbarer Folge aus jenen der Laramie-Ablagerungen hervorgegangen sind.[2] Wir haben daher Nordamerika von diesem Standpunkte aus als ein seit dem Laramie-Binnenmeere bestehendes, folglich als ein ziemlich altes Festland anzusehen.

Die jüngsten Spuren des Meeres im Innern von Südamerika sind die brackischen Ablagerungen von Pebas am Marañon, welche Brown vom östlichen Peru stromabwärts bis S. Paolo verfolgt hat;[3] dieser am weitesten gegen Ost gelegene Punkt ist noch über 2000 Kilom. vom atlantischen Ufer entfernt. Das Gefälle des Amazonas ist jedoch sehr gering und überhaupt die Erforschung des Landes nicht so weit vorgeschritten als in Nordamerika. Die Ablagerungen von Pebas werden für mitteltertiär gehalten. Auch von Südosten her greifen tertiäre Ablagerungen weit in das Land hinein.

Versucht man ähnliche Vergleichungen auf die vereinigte Masse von Asien, Afrika und Europa anzuwenden, so zeigt sich sofort, dass hier verschiedenartige Gebiete zu einem grossen Continente aneinander geschweisst sind, deren Grenzen nicht mit den üblichen Grenzen der Welttheile übereinstimmen.

Das erste Gebiet umfasst das südliche und einen guten Theil des mittleren Afrika, dann Madagascar und die indische Halbinsel. Die hohen Tafelländer dieses Gebietes sind seit uralter Zeit, seit dem Schlusse der Carbonzeit, wenigstens dem heutigen Stande der Erfahrungen zufolge, nie vom Meere bedeckt worden; nur an den Fuss der Tafeln hat es seine Sedimente gelegt, in dem Maasse, als der heutige indische Ocean durch Einbruch gebildet

wurde innerhalb dieser Tafel. Wir nennen es Gondwána-Land nach der gemeinsamen alten Gondwána-Flora, und es entspricht zum grossen Theile dem Lemurien der Thiergeographen; von dem früheren Standpunkte aus beurtheilt, ist dieses Land noch unverhältnissmässig viel älter als Nordamerika.

An das Gondwána-Land schliesst sich gegen Nord weiteres Tafelland, welches aber zur Kreidezeit und zum Theile bis in die Tertiärzeit überfluthet gewesen ist, die Sahara mit Aegypten, Syrien und Arabien.

Dieses Wüstenland sammt dem Gondwána-Lande bildet eine grosse, durch entscheidende Merkmale verbundene Einheit; es ist Indo-Afrika, ausgezeichnet vor Allem durch den Mangel an Falten seit dem Schlusse der paläozoischen Zeit.

Was von dem gemeinsamen Festlande nach Ausscheidung von Indo-Afrika zurückbleibt, mag Eurasia genannt werden.

Der ganze südliche Rand von Eurasia dringt in grossen Falten gegen Indo-Afrika vor; diese Falten liegen in knapp schaarenden Bogen neben einander und auf lange Strecken sind sie südwärts gegen das indo-afrikanische Tafelland hin überschoben.

Hiedurch entsteht eine sehr scharfe Grenze. Dieselbe zieht im nordwestlichen Afrika vom Wadi Draa gegen Ostnordost, etwas nördlich von den Schotts und der kleinen Syrte, zwischen Malta und Sicilien gegen die Strasse von Otranto, zurückkehrend ausserhalb der jonischen Inseln, dann im Bogen südlich von Kreta und Cypern in die Gegend etwas südlich von der Mündung des Orontes und von dort weiter im gleichen Bogen in der Richtung gegen Djarbekr, dann umbeugend gegen Südost, dem Fusse des Gebirges östlich vom Tigris folgend, durch den persischen Meerbusen und südlich von der Küste von Makrán zu den Mündungen des Indus, hierauf nordwärts beiläufig diesem Flusse folgend bis oberhalb Dera Ismail Khan, hierauf in verzerrter, scharfer Curve über Kalabágh nach Jalalpúr am Jhelum, in weitem Bogen dem Fusse des Himalaya folgend bis in das Thal des Brahmaputra in Assam, dann scharf umbeugend an dem Aussenrande der Ketten von Arrakan zum Cap Negraïs, westlich ausserhalb der Andamanen und Nikobaren zu dem Zuge von Tertiärland, welcher als

eine Kette kleiner Inseln westlich von Sumatra sichtbar wird, endlich noch weiter südlich von Java.

Der ganze südliche Theil von Eurasien ist, so weit er bisher besprochen wurde, ein Faltenland. Hier sammeln sich, durchwegs gegen Süd bewegt, die Falten vom Himalaya bis zu den mongolischen Bergen in einer Breite von 22 Breitegraden und ziehen unter mannigfaltigen Abänderungen gegen West, und zwar im Süden als schaarende Bogen, weiter im Norden als ruthenförmig auseinander streichende Aeste. Indem sie Europa erreichen, tritt für den am weitesten gegen West reichenden Theil, den aus dem Parapomisus hervorgehenden und über Krasnowodsk und den Kaukasus sich fortsetzenden Ast eine vollständige Umkehr der Faltung ein, und dieser ist, unter gewaltsamer Torsion in dem rumänischen Bogen, in den Karpathen und dem Hauptstamme der Alpen gegen Nord bewegt. Dieser Umstand weist deutlich darauf hin, dass die Faltung des obersten Theiles der Erdmasse unter gewissen Umständen nur der Ausdruck einer erzwungenen Anpassung ist. Nördlich von den grossen Faltenzügen tritt die russische Tafel hervor und weiterhin erscheinen jene zahlreichen Horste und Tafelstücke, welche für das mittlere und westliche Europa bezeichnend sind.

Ein grosser Theil dieser Faltungen ist von jungem Alter oder hat in sehr junge Zeit angedauert; es ist nicht sichergestellt, dass die Bewegung beendet sei. Das erste Glied der mediterranen Bildungen umfasst den ganzen Hauptsaum der Alpen und ist dem nördlichen Saume eingefaltet; der salzreiche Schlier, welcher noch etwas jünger ist, umfasst in gleicher Weise den karpathischen Bogen. Sehr junge Süsswasserablagerungen nehmen Theil an den äusseren Faltenzügen des Hindu-Kusch und des Himalaya. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass innerhalb des Gebietes dieser heutigen Faltenzüge vor Zeiten von dem Han-hai, dem trockenen Meere der Chinesen, eine ununterbrochene Wasserfläche die turkestanische Ebene erreichte, und die sehr beträchtlichen Höhen, in welchen jüngere tertiäre Ablagerungen von den russischen Forschern auf den Ketten des Tian-schan getroffen wurden, zeigen, wie Muschketoff mit Recht bemerkt, dass die Verbindung nicht nur über die dsungarischen Pässe, sondern auch über einen guten

Theil jenes Gebietes bestanden hat, welches heute die Hochgebirge einnehmen. Die erste Ausbreitung des Mittelmeeres scheint durch das gegen Nordwest gerichtete Vortreten der Schweizer Alpen abgeschnürt worden zu sein, so dass die Meerestheile im unteren Rhônethale und im mittleren Donauthale ausser Verbindung gesetzt wurden; eine ähnliche Abtrennung ist vielleicht auch durch die Bewegungen des mittleren Tian-schan herbeigeführt worden.

Unter solchen Verhältnissen erlangt Eurasien eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit des Baues. In Nordamerika hat die natürliche Einheit des Gebietes und die Continuität von der Laramie-Fauna bis zu der heutigen Fauna des Mississippi zu einem klaren und einfachen Ergebnisse über die Trockenlegung und Vereinigung dieses Continentes geführt. Im See Tanganyika trifft man eine höchst merkwürdige, durch viele Anmahnungen an marine Formen ausgezeichnete Conchylien-Fauna, welche, wie White und Tausch gezeigt haben, in manchen Arten der Laramie-Fauna gleicht, und deren hohes Alter ausser Zweifel steht.[4] Die afrikanischen Flüsse sind durch eine grosse Anzahl alter Thierformen ausgezeichnet; ihre Zertrümmerung, das heutige Vorkommen von Nilfischen im See Tiberias, des Nil-Crocodils in Syrien sind erwähnt worden. In einzelnen Theilen Eurasien's sind zur jüngeren Tertiärzeit ausgedehnte Süsswassersee'n vorhanden gewesen, wie auf dem Gebiete des ägäischen Meeres, in Slavonien und in Croatien. Ihre Fauna erinnert in vielen Beziehungen an jene des heutigen Mississippi, und Th. Fuchs hat nach den Aufsammlungen von Anderson und Heude,[5] Neumayr nach den von Széchény und Lóczi gebrachten Conchylien gezeigt, dass dieselben Typen sich in Nanking und in Yünnan bis auf den heutigen Tag erhalten haben.[6] In der Mitte von Eurasien aber hat das Verschwinden der Meeresbedeckung zur Bildung einer Anzahl von Binnensee'n geführt, deren grösster, das Kaspische Meer, als der Erbe der alten Meeresfläche anzusehen ist. Hier liegt der verkümmerte und veränderte Rest der alten erst verarmten sarmatischen, dann lacustren Faunen, aber seit diese Einengung der Wasserflächen sich vollzog, sind durch neuen Einbruch ganz selbständig vom Kaspi das ägäische Meer und der heutige Pontus entstanden, und

so kommt es, dass so viele heute von einander vollständig getrennte osteuropäische Flüsse so viele übereinstimmende Arten von Thieren enthalten.

Das ist der tiefgehende Unterschied zwischen dem alten Kaspi und dem jüngeren Pontus.

Der ägäische und der pontische Einsturz sind nur ein Theil jener Vorgänge, welche den heutigen Umriss des Mittelmeeres gestaltet haben. Wir sind nun im Stande, das Gebiet des Mittelmeeres in folgende Theile zu zerlegen.

Der erste Theil ist das westliche Mittelmeer von Gibraitar bis zu dem Meere zwischen Sicilien und Malta. Dieser Theil ist von dem Apennin, dem nordafrikanischen Gebirge und der betischen Cordillere umschlossen und liegt ganz innerhalb dieses grossen Bogens oder auf Querbrüchen desselben, nämlich in der Strasse von Gibraltar und zwischen Dak'hela und Sicilien.

Der zweite Theil ist das adriatische Meer. Es liegt auf der Schaarung des Apennin und des dinarischen Gebirges oder vielmehr auf dem niedergebrochenen Westrande des dinarischen Gebirges, und seine Randbrüche greifen bis Meran und Bruneck in die Alpen. Es gleicht in mancher Beziehung dem Thale des Bramaputra in Assam. Dort ist das Shillong-Plateau, ein Theil des Tafellandes, eingeklemmt zwischen den Fuss des Himalaya und die burmanischen Falten, und es ist zu untersuchen, ob dies etwa die richtigere Auffassung der apulischen Tafel wäre.

Den dritten Theil umgrenzen die Bruchstücke des dinarisch-taurischen Bogens, insbesondere Kreta und Cypern. Diesem Theile gehört das ägäische Meer an und der Pontus; der randliche Theil, welcher die Südküste Klein-Asiens begleitet, hat eine ähnliche Lage wie der Golf von Pegu.

Alle diese drei Theile fallen zu Eurasien; nur der vierte Theil ist Indo-Afrika anzurechnen. Das ist gesenktes Vorland in flachgelagerten Tafeln; es beginnt in den grossen Schotts, kommt in der kleinen Syrte hervor an das Meer und reicht bis an die meridionalen Verwerfungen Syrien's. Von all' den zahlreichen Inseln des Mittelmeeres sind nur Malta und Gozzo zu Indo-Afrika zu zählen; dafür gehört der Gebirgszug des nordwestlichen Afrika noch zu Eurasien.

In dem amerikanischen Mittelmeere kann man eine ganz ähnliche Gliederung bemerken. Die Cordillere der Antillen gleicht in ihrer Anlage der bogenförmigen und an der Innenseite eingebrochenen Umrahmung des westlichen Mittelmeeres, und das caraibische Meer nimmt eine ähnliche Stelle ein wie das westliche Mittelmeer; auch besitzen beide Vulcane an ihren Rändern. Der mexicanische Golf dagegen entspricht den gesenkten Tafeln des Vorlandes, dem südöstlichen Theile des Mittelmeeres. Die Bahama's und Florida wiederholen in grossem Maassstabe die flache Lagerung von Malta; hier fehlen die Vulcane.

Diese Verschiedenheiten erlangen auch in nicht geringem Grade morphologischen Ausdruck und man lernt Einbrüche in Faltenland unterscheiden von eingebrochenem Tafellande. Die Umrisse von Cypern oder Haiti sind Beispiele für den ersten Fall; die Umrisse des gebrochenen Tafellandes sind, wenn der Ausdruck gestattet ist, structurlos, oder sie nehmen die Gestalt von geraden Linien an, wie an der syrischen Küste.

Mit diesen in den Mittelmeeren gewonnenen Erfahrungen suchen wir einen Ocean, und zwar zuerst den indischen Ocean auf. Hier liegen nur der Meerbusen von Pegu und die Sunda-See innerhalb der eurasiatischen Falten. Den persischen Meerbusen mag man als eine Zone gesenkten Vorlandes ansehen; das Rothe Meer gleicht einem grossen Grabenbruche im Tafellande; die ganze übrige weite Fläche vom Cap bis an die Küste von Arrakan ist, so weit der Bau und die Schichtenfolge der Küsten und der Inseln ein Urtheil gestatten, als gesenktes Tafelland anzusehen. Das ist der versenkte Theil von Indo-Afrika.

Hiemit ist auch die Grundlage zur Beurtheilung jener wesentlichen Verschiedenheit gegeben, welche zwischen den Umrissen des pacifischen und des atlantischen Ocean's besteht. Mehrere Stücke dieser Küsten sind in den vorhergehenden Abschnitten besprochen worden. Es ist die merkwürdige Aehnlichkeit in dem Baue und der Gesteinsfolge aller Küsten-Cordilleren von Staten Island und Cap Hoorn nordwärts durch Patagonien, Chile, Peru und die tropische Region Südamerika's, und wieder durch Nieder- und Obercalifornien, d. i. durch mehr als den vierten Theil des Erdumfanges dargelegt worden. Nach der Darstellung des Vor-

drängens der schaarenden Hochgebirgsbogen gegen den Norden der ostindischen Halbinsel wurde erwähnt, dass ein ähnliches Vordringen schaarender Bogen gegen den Norden des pacifischen Ocean's stattfindet, und dass eine besondere tektonische Homologie zwischen jenem Stücke alten Tafellandes und diesem Theile des Weltmeeres besteht. Im atlantischen Ocean dagegen haben wir uns an der Ostküste Nordamerika's an der Innenseite eines landeinwärts bewegten Faltensystem's, der Appalachien, befunden. Die Gesammtheit der Umrisse beider Meere zu vergleichen, wird die Aufgabe eines besonderen Abschnittes sein. —

Unter den Festländern, welche über diese Weltmeere aufragen, können wir nun mehrere Einheiten unterscheiden.

Als die erste nennen wir Indo-Afrika, die grösste Tafel der Erde, an dem Nordrande von der Mündung des Wadi Draa in den atlantischen Ocean bis an die Mündung des Brahmaputra von den südwärts dringenden Falten Eurasien's begrenzt, sonst durchwegs, so weit wir die Tafel kennen, nur von Brüchen umgeben und durch den indischen Ocean zertheilt.

Die zweite Einheit ist Südamerika, ein Schild, nach drei Seiten von Gebirgswällen umgürtet und nur gegen Ost sowie gegen Nordost ohne sichtbare Leitlinien gebrochen, mit offener Virgation der Gebirgsäste in Südost, zwischen Cap Hoorn und Cabo Corrientes.

Die Cordillere der Antillen zeigt nach ihrer Anlage eher Zugehörigkeit zu Südamerika als zum Norden.

Die dritte Einheit ist Nordamerika; so weit auf diesem Continente Faltung bekannt ist, scheint sie mit wenigen, vielleicht durch örtliche Ueberschiebung der Senkung am Ostrande der Rocky Mountains veranlassten Ausnahmen, allenthalben gegen West gerichtet zu sein, und zwar von uralter Zeit her, von der atlantischen Küste bis an die pacifische, von den Appalachien bis zur Sierra Nevada und den Küstenketten. Gegen Nord aber tritt eine sehr ausgedehnte, ungefaltete Tafel hervor, welche sich weit gegen den arktischen Archipel ausdehnt und welche noch nicht besprochen worden ist.

Am wenigsten tritt, trotz der ausserordentlichen Grösse des Faltenlandes an dem Südrande, die Einheit Eurasien's hervor.

Hier ist die Mannigfaltigkeit weit grösser; die Darstellung der einzelnen Theile Eurasien's ist noch nicht weit genug vorgeschritten, um dasselbe in Vergleich ziehen zu können. Aus demselben Grunde habe ich vorläufig von Australien zu schweigen. —

Die Bewegungen der Erde haben eine grosse Mannigfaltigkeit in der Gestaltung der Oberfläche erzeugt. Man sieht grosse flachgelagerte Tafeln, wie die russische, die brasilische Tafel und die Sahara, und hohe alte Tafelländer wie zu beiden Seiten des indischen Oceans, mit steil abgebrochenen Rändern, wie die Quathlamba in Natal und die Sahyádri in Ostindien, und vereinzelte Tafelberge, wie den Tafelberg am Cap der guten Hoffnung und Roraima im südlichen Guayana. — Es sind Horste vorhanden, welche durch das Absinken der Umgebung hervortreten, wie Morvan, Vogesen, Schwarzwald, Frankenwald, die Granitmasse von Madagascar und wohl auch ein guter Theil der Rocky Mountains mit Uinta; an den Horsten sieht man die gesunkenen Felder, wie das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld und das Plateau des Colorado. Gräben sind eingesenkt zwischen parallelen Brüchen, wie das Rheinthal bei Strassburg, das Todte Meer und wohl auch Tanganyika und das ganze Rothe Meer. — In gänzlich niedergehobeltem, altem Grundgebirge sind an vielen Orten, wie an einem Theile der grossen amerikanischen See'n bis zum See Winnipeg und in dem südlichen Theile der russischen Ebene, die Spuren grosser gefalteter Gebirge erkennbar, deren äussere Gestalt völlig verloren gegangen ist; andere uralte Faltenzüge treten durch die Zerstörung ihrer Decken noch in einigen Resten ihrer ursprünglichen Gestalt hervor, wie das Arvali-Gebirge in Ostindien und der Lange Berg an dem Ostrande der Kalaharawüste; so sind auch die Mugodjaren in Südrussland ausgewaschen aus dem Kreidemergel des Ust-Urt, welcher sie einstens überdeckte. — Man sieht grosse Faltenzüge, welche in flachere Falten in dem ihnen gleichartigen Vorlande allmälig auslaufen und welche secundäre Falten im Vorlande, Parma's, bilden, wie der Ural und die Appalachien, — und andere, welche mit zahlreichen mehr oder minder parallelen Bogenfalten, einer bewegten Wasserfläche gleich anlaufen innerhalb eines zweiten, in ähnlichem Sinne bewegten Faltengebietes, wie die langen und mächtigen Faltenzüge des

Tian-schan, — und andere, welche mit Ueberfaltung und Umstürzung gestaut sind an fremdem Vorlande, wie der Himalaya und die Alpen, und zwischen den Stauungspunkten der letzteren erscheint, einer Parma-Bildung nicht unähnlich, das Juragebirge, — und wieder gibt es andere, welche über ihr Vorland hinausgedrängt sind, wie die Karpathen, und zahlreiche andere, deren Vorland vom Meere bedeckt ist, wie die Anden, oder welche hinausstreichen in das Meer, wie Vancouver und Queen Charlotte-Archipel. Andere Stücke von Faltenzügen sind durch die seitliche Drängung anderer Falten im Streichen gänzlich verdrückt und zerbrochen, wie die stufenförmige Salt Range mit dem überschobenen Scheich Budin, andere von querstreichenden Falten vollends überwältigt, wie die Sudeten von den Karpathen, und andere sind im Streichen selbst gedreht, wie der rumänische Bogen, welcher vom Balkan zu den Karpathen zieht. Am Brahmaputra ist die Faltungsrichtung des Himalaya jener der gegenüber liegenden burmanischen Ketten gerade entgegengesetzt, und der Harz hat zweierlei aufeinanderfolgende faltende Bewegungen erfahren. — Man sieht Faltengebirge, welche auf ihrem Firste Vulcane tragen, wie Alburs, Kaukasus und die südamerikanischen Anden, und andere grosse bogenförmige Faltenzüge, deren Rückland vollkommen eingestürzt ist, so dass nur ein von Innen her vielfach verengter, wohl auch unterbrochener Gebirgszug zurückbleibt, so in den Karpathen, dann rings um das westliche Mittelmeer, in der Cordillere der Antillen und in der Kette von Arrakan mit den Andamanen und den Nikobaren. Dann stehen Vulcane an der Innenseite. Das ist die Lage der ungarischen Trachyte, der italienischen Vulcanreihe, der Vulcane der spanischen Südküste, der kleinen Antillen und der Vulcanreihe vom Puppá doung am Irawadi bis Barren Island. Andere Faltenzüge sind von geraden Brüchen durchschnitten, zerhackt, in Streifen niedergesunken und von jungen Laven umflossen, so dass nicht der Verlauf der Falten, sondern der Verlauf der Brüche und die vulcanischen Ergüsse den Umriss bestimmen, wie in den Basin Ranges; es liegen wohl auch die Brüche gerade quer auf den Falten, so dass der Umriss das Gegentheil von der Richtung der Faltung zeigt, wie im östlichen Thessalien und auf Euböa, in

anderer Form auch in Guatemala und Honduras; noch andere sind an bogenförmigen, im Streichen liegenden Brüchen zur Tiefe gegangen und auch zum guten Theile unter Laven und Aschen begraben, wie die Faltenzüge der iranisch-taurischen Schaarung in Hocharmenien; von anderen sind überhaupt fast nur die Vulcankegel sichtbar, welche auf streichenden Brüchen stehen, wie auf Java, und mühsam sucht man dort kleine Spuren des Grundgebirges. Von anderen ist nur ein Bruchstück sichtbar, wie auf der Krim. Es gibt bedeutende Bergmassen, wie die Spanish Peaks vor den Rocky Mountains und die Henry Mountains an dem Westrande des Colorado-Plateau, welche nur kuchenförmige Intrusionen vulcanischer Gesteine sind, und manche ähnlich gebaute granitische Massen sind vielleicht nur die Füllung von Hohlräumen, welche der Abstau erzeugte.

Es könnten mancherlei Classificationen vorgeschlagen werden, aber für die nachfolgenden Erörterungen ist nur die Trennung von vier Hauptgruppen nothwendig; diese sind: die Tafeln, die Horste, die Falten und die vulcanischen Berge. Diese Scheidung wird von Bedeutung sein für den Versuch, das Wesen der oceanischen Transgressionen zu verfolgen. —

Die grossen vulcanischen Kegel, Chimborazo, Mount Rainier, Aetna, die Lavafelder des Dekkan oder jene von Oregon und Washington, welche viele hunderte von Quadratmeilen bedecken, die gewaltigen Ausbrüche, wie jener des Krakatau, welcher rings um den Erdball die selbstregistrirenden Barometer das Erzittern der gesammten atmosphärischen Hülle des Planeten verzeichnen liess, sind nur Nebenerscheinungen in jenen grossen Vorgängen, durch welche die Oberfläche der Erde sich ausgestaltet. Sie sind die Anzeichen der vorübergehenden Oeffnung kleiner Fugen, sonst nichts.

Die Sintfluthen, in welchen Berge von Wasser sich erheben und verheerend über das Land treten, sind auch nichts als eine untergeordnete Nebenerscheinung. Die Annunaki, wie der alte Sintfluth-Bericht sie nennt, die Kräfte der Tiefe, sind nicht zur Ruhe gegangen. Ein Zucken des Erdkörpers an der chilenischen Küste lässt den ganzen pacifischen Ocean in seinem Bette schwanken; er brandet an den Marquesas, an Apia, an Honolulu, er fegt

über die flachen Korallen-Inseln hin und spült über seine Ufer hinaus von Japan bis Neu-Seeland und bis Australien.

Die Spannungen, sagten wir, welche aus der Contraction der äusseren Theile des Erdkörpers hervorgehen, zerlegen sich in tangentiale Faltung und in verticale Senkung. Durch die tangentiale Bewegung werden jene langen Faltenzüge erzeugt, welche die Welttheile von einem Ende bis zum andern durchziehen; durch sie wurden die höchsten Berge der Erde, Gaurisánkar, der namenlose K_2 im Mustagh und alle Riesen der innerasiatischen Hochgebirge aufgethürmt, an der Nordseite des Finsteraarhorn Jurakalk und Gneiss geknetet und bis auf die Spitze der Jungfrau der Gneiss über den gefalteten Jura getragen. In sehr vielen Fällen mag Senkung des Vorlandes vorangegangen sein, durch welche die tangentiale Bewegung gleichsam ausgelöst, die faltende oder überschiebende Wirkung frei wurde, wie z. B. in den belgischen Kohlenfeldern. Weniger deutlich ist ein solcher Vorgang dort, wo die Faltung ein homogenes Vorland besitzt und vorliegende Falten, grosse Parma's gebildet wurden, wie das Timangebirge vor dem Ural und der Cincinnati Uplift vor den Appalachien. Aber die häufig vorkommende Hemmung der Falten durch äussere Hindernisse, die volle Ueberfaltung und Verkehrung der Schichtenlage im Angesichte der stauenden Massen, die gegenseitige Drängung und Verdrängung, welche an einzelnen Schaarungen sichtbar ist, der Gegensatz in der Richtung der Faltung am Brahmaputra, die Drehung im Streichen an der unteren Donau, weisen deutlich dahin, dass trotz der ausserordentlichen Länge der Faltenzüge doch in ihrer örtlichen Entwicklung namentlich an dem äusseren Rande die Einfügung in gegebene Verhältnisse Geltung erlangt.

Sehr viele Gebiete, wie Indo-Afrika, haben seit langen Epochen keinerlei faltende Bewegung erlitten; sie stauen im Gegentheile die Falten, oder sie brechen vor ihnen ein. Die zweite Richtung der Bewegungen, Senkung oder Einsturz, hat dagegen allenthalben ihre Spuren zurückgelassen. Bald erzeugt sie grosse Gräben in den Tafeln, bald Tafelsenkungen an peripherischen Linien, bald kesselförmigen Einbruch am Innenrande von gefalteten Gebirgen, bald Absinken von Faltengebirgen an streichenden oder querliegenden Brüchen. Die Mannigfaltigkeit und die Mäch-

tigkeit derselben ist eine ausserordentliche. Die Mittelmeere und die grössten Oceane entstehen und erweitern sich durch Senkung und Einbruch.

Der Zusammenbruch des Erdballes ist es, dem wir beiwohnen. Er hat freilich schon vor sehr langer Zeit begonnen und die Kurzlebigkeit des menschlichen Geschlechtes lässt uns dabei guten Muthes bleiben. Nicht nur im Hochgebirge sind die Spuren vorhanden. Es sind grosse Schollen hunderte, ja in einzelnen Fällen viele tausende von Fussen tief gesunken, und nicht die geringste Stufe an der Oberfläche, sondern nur die Verschiedenheit der Felsarten oder tiefer Bergbau verrathen das Dasein des Bruches. Die Zeit hat Alles geebnet. In Böhmen, in der Pfalz, in Belgien, in Pennsylvanien, an zahlreichen Orten zieht der Pflug ruhig seine Furchen über die gewaltigsten Brüche.

Würden die tangentialen Spannungen in dem äusseren Felsgerüste der Erde sich vollkommen das Gleichgewicht halten und würde dasselbe im Stande sein, sich als ein freies Gewölbe selbständig von allen Vorgängen der Erdtiefe aufrecht zu halten, würden keine Einbrüche und Faltungen eingetreten sein, so würde wahrscheinlich die Oberfläche der Erde ein ziemlich regelmässiges Sphäroid darstellen, allenthalben bedeckt von einer ununterbrochenen oceanischen Hülle. Die Einbrüche sind es, welche die Wässer in tiefen Weltmeeren gesammelt haben; hiedurch erst sind Continente entstanden und sind Wesen möglich geworden, welche durch Lungen athmen.

Anmerkungen zu Abschnitt XII: Die Continente.

[1] H. B. Medlicott, The Alps and the Himalaya's, a geol. Comparison; Quart. Journ. geol. Soc. 1868, XXIV, p. 34—52; G. Bleicher, Essai de Géol. comparée des Pyrenées, du Plateau central et des Vosges; Thèse prés. à la fac. de Strasbourg, 8°, Colmar, 1870.

[2] C. A. White, A Review of the Non-Marine fossil Mollusca of N. America; U. S. Geol. Surv. 1881—82, insb. p. 73 u. folg.; ders. Certain Phases in the geol. History of the N. Americ. Continent; President. Adress deliv. at the IV. anniv. Meeting of the Biol. Soc. of Washington, Jan. 25. 1884; Proc. Biol. Soc. II, p. 24 und an and. Ort.

[3] C. Barrington Brown, On the tert. Deposits on the Solomões and Javary Rivers; Quart. Journ. Geol. Soc. 1879, XXXV, p. 76—88.

[4] L. Tausch, Ueb. einige Conchyl. aus dem Tanganyikasee und deren foss. Verwandte; Sitzungsb. Akad. Wien, 1884, XC, und auch schon angedeutet bei White, Proc. U. S. Nat. Mus. 1883, p. 98.

[5] Th. Fuchs, Ueber die lebend. Analoga der jungtertiären Paludinenschichten und der Melanopsis-Mergel S. O. Europa's; Verhandl. geol. Reichsanst. 1879, S. 297—300.

[6] Neumayr, Ueb. einige Süsswasserconchyl. aus China; Neu. Jahrb. f. Min. etc. 1883, 6, S. 21—26.



Druck von ADOLF HOLZHAUSEN in Wien,
K. UND K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKER.


UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 12 03 16 07 007 8